



# BIOLOGIA BASICA

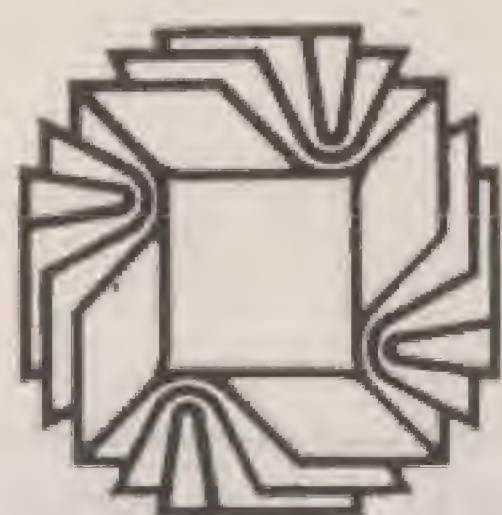
AYRTON CÉSAR MARCONDES





AYRTON CÉSAR MARCONDES

# BIOLOGIA BASICA



ATUAL  
EDITORA



**Capa:** Nelson Mielnik

**Composição:** Linoart

**Ilustrações:** Antonio Cabello Q. Filho

**Revisão:** Maria de Lourdes F. de Carvalho, Maria de Fátima Gallucci,  
Maria Stella S. de Oliveira, Paula da Conceição H. Rocha

**Edição de Arte:** Jorge Fuzii

**Fotolitos:** H.O.P./Policolor

**Impressão e Acabamento:** PROL Editora Gráfica Ltda.

**CIP-Brasil. Catalogação-na-Publicação**  
**Câmara Brasileira do Livro, SP**

M268b                      Marcondes, Ayrton César, 1947-  
                                    Biologia básica / Ayrton César Marcondes.  
2.ed.                      2.ed. -- São Paulo : Atual, 1984.

Bibliografia.

1. Biologia (2º grau) I. Título.

84-1916

CDD-574.07

**Índices para catálogo sistemático**

1. Biologia : Estudo e ensino 574.07

*Todos os direitos reservados a*

**ATUAL EDITORA LTDA.**

Rua José Antonio Coelho, 785

Telefone: 575-1544

CEP 04011 - São Paulo - SP - Brasil

**LSYLCVU**

**2 4 6 8 1 0 9 7 5 3**

---

**NOS PEDIDOS TELEGRÁFICOS BASTA CITAR O CÓDIGO ADSB0212B**

---



# APRESENTAÇÃO

A obra *Biologia Básica* concentra em um só volume o programa de Biologia para o segundo grau. Não se trata de um amontoado de resumos. Ao elaborá-lo, procuramos partir de uma cuidadosa seleção de assuntos para depois abordá-los de modo equilibrado, ressaltando seus conceitos básicos.

O livro encontra-se dividido em cinco partes. A primeira trata da citologia e da embriologia. A segunda detalha os aspectos da genética e da evolução. A terceira parte estuda a zoologia. A botânica é analisada na quarta parte. E, na quinta e última parte discute-se a ecologia.

Esperamos que esse trabalho seja de agrado de nossos colegas professores de quem aguardamos suas sempre valiosas sugestões. Aos estudantes desejamos que nele encontrem um agradável meio de aprender biologia e que lhes seja útil em sua formação.

Ao escrever este livro, tivemos sempre em mente elaborar um texto coerente com a sua finalidade: ser uma biologia básica. Se aqueles que dele fizerem uso julgarem que conseguimos, estaremos, por certo, recompensados.

O Autor



# ÍNDICE

---

## CITOLOGIA E EMBRIOLOGIA

Introdução à Citologia,	3
Ácidos Nucléicos,	8
Proteínas e Enzimas,	14
Vitaminas,	18
Membranas Celulares,	21
O Citoplasma,	26
Golgi, Lisossomos e Mitocôndrias,	31
Respiração Celular,	36
Centríolos, Plastos e Vacúolos,	41
O Núcleo,	45
Divisão Celular: Mitose,	51
Divisão Celular: Meiose,	55
Desenvolvimento Embrionário,	60
Organogênese e Anexos Embrionários,	68

## GENÉTICA E EVOLUÇÃO

A Primeira Lei de Mendel,	75
Herança sem Dominância. Heredogramas,	82
Alelos Múltiplos,	87
Sistemas Rh e MN,	91
A Segunda Lei de Mendel,	95
Linkage,	100
A Genética do Sexo,	107
Interação Genética,	113
Evolução,	118



## ZOOLOGIA

Os Grupos Animais,	127
Poríferos e Celenterados,	133
Os Vermes,	139
Artrópodes,	150
Moluscos e Equinodermas,	158
Os Vertebrados,	165
Sistema Digestivo,	171
Sistema Respiratório,	176
Sistema Circulatório,	180
Sistema Excretor,	185
Sistema Nervoso,	189

## BOTÂNICA

Os Grupos Vegetais,	197
Briófitas, Pteridófitas e Gimnospermas,	205
Angiospermas,	213
Fotossíntese,	220
Respiração Vegetal,	229
Absorção, Transporte e Transpiração,	233
Crescimento e Desenvolvimento Vegetal,	241

## ECOLOGIA

Introdução à Ecologia,	251
O Ecossistema,	255
Ciclos Biogeoquímicos,	261
Populações,	266
Comunidades: As Sucessões Ecológicas,	276
As Relações entre os Seres Vivos,	280
A Fitogeografia do Brasil,	286

Bibliografia,	294
---------------	-----



A citologia é a parte da biologia que estuda as células. As células são as unidades fundamentais dos seres vivos. Foram descobertas por Robert Brown em 1830 ao observar, com lentes de aumento, um corte de coruja. Mais tarde, em 1838 e 1839, M. J. Schleiden, botânico, e Th. Schwann, zoólogo, concluíram que "os seres vivos são constituídos por células". Esta é a denominada doutrina celular, que foi comprovada vinte anos depois por um médico alemão, Rudolf Virchow, ao afirmar que as células provêm de outras preexistentes.

## CITOLOGIA E EMBRIOLOGIA

1

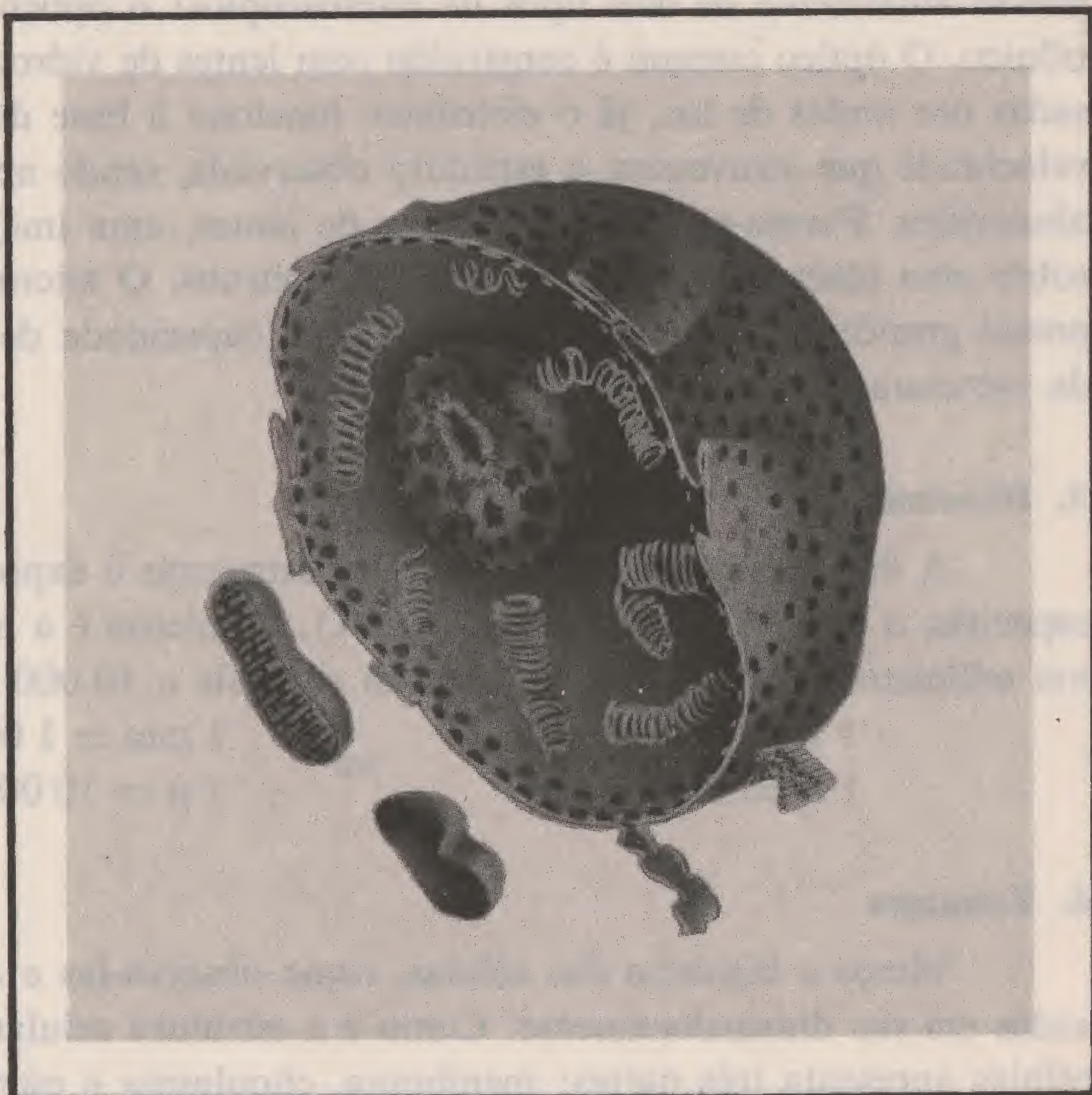
Observação

A observação de células é feita através de um microscópio. Este-

le é um instrumento óptico que permite a observação de objetos muito pequenos, como as células. A observação de células é feita através de um microscópio. Este-

le é um instrumento óptico que permite a observação de objetos muito pequenos, como as células. A observação de células é feita através de um microscópio. Este-

le é um instrumento óptico que permite a observação de objetos muito pequenos, como as células. A observação de células é feita através de um microscópio. Este-





# *Introdução à Citologia*

---

## **1. Histórico**

A citologia é a parte da biologia que estuda as células. As células são as unidades constituintes dos seres vivos. Foram descobertas por Robert Hooke em 1665 ao observar, com lentes de aumento, um corte de cortiça, tecido vegetal morto. Mais tarde, em 1838 e 1839, M. J. Schleiden, botânico e Theodor Schwann, zoólogo, concluíram que “os seres vivos são constituídos por células”. Esta é a denominada doutrina celular, que foi completada vinte anos depois por um médico alemão, Rudolf Virchow, ao afirmar que as células provêm de outras preexistentes.

## **2. Observação**

A observação de células é feita com o auxílio de microscópios. Dispõe-se atualmente de dois tipos de microscópios: o óptico comum e o eletrônico. O óptico comum é construído com lentes de vidro, que são atravessadas por ondas de luz, já o eletrônico funciona à base de elétrons de alta velocidade que atravessam a estrutura observada, sendo nela espalhados ou absorvidos. Forma-se assim, por meio de lentes, uma imagem da estrutura sobre uma placa fotográfica sensível aos elétrons. O microscópio eletrônico possui grande poder de resolução, ou seja, capacidade de revelar detalhes da estrutura observada.

## **3. Dimensões**

A dimensão das células e de suas estruturas é expressa em unidades especiais, o micron ( $\mu$ ) e o angstrom ( $\text{\AA}$ ). O micron é a milésima parte de um milímetro. Por sua vez, um micron equivale a 10 000  $\text{\AA}$ . Então temos:

$$\begin{array}{lll} 1 \mu = 10^{-3} \text{ mm} & & 1 \text{ mm} = 1\,000 \mu \\ 1 \text{\AA} = 10^{-7} \text{ mm} & \text{ou} & 1 \mu = 10\,000 \text{\AA} \end{array}$$

## **4. Estrutura**

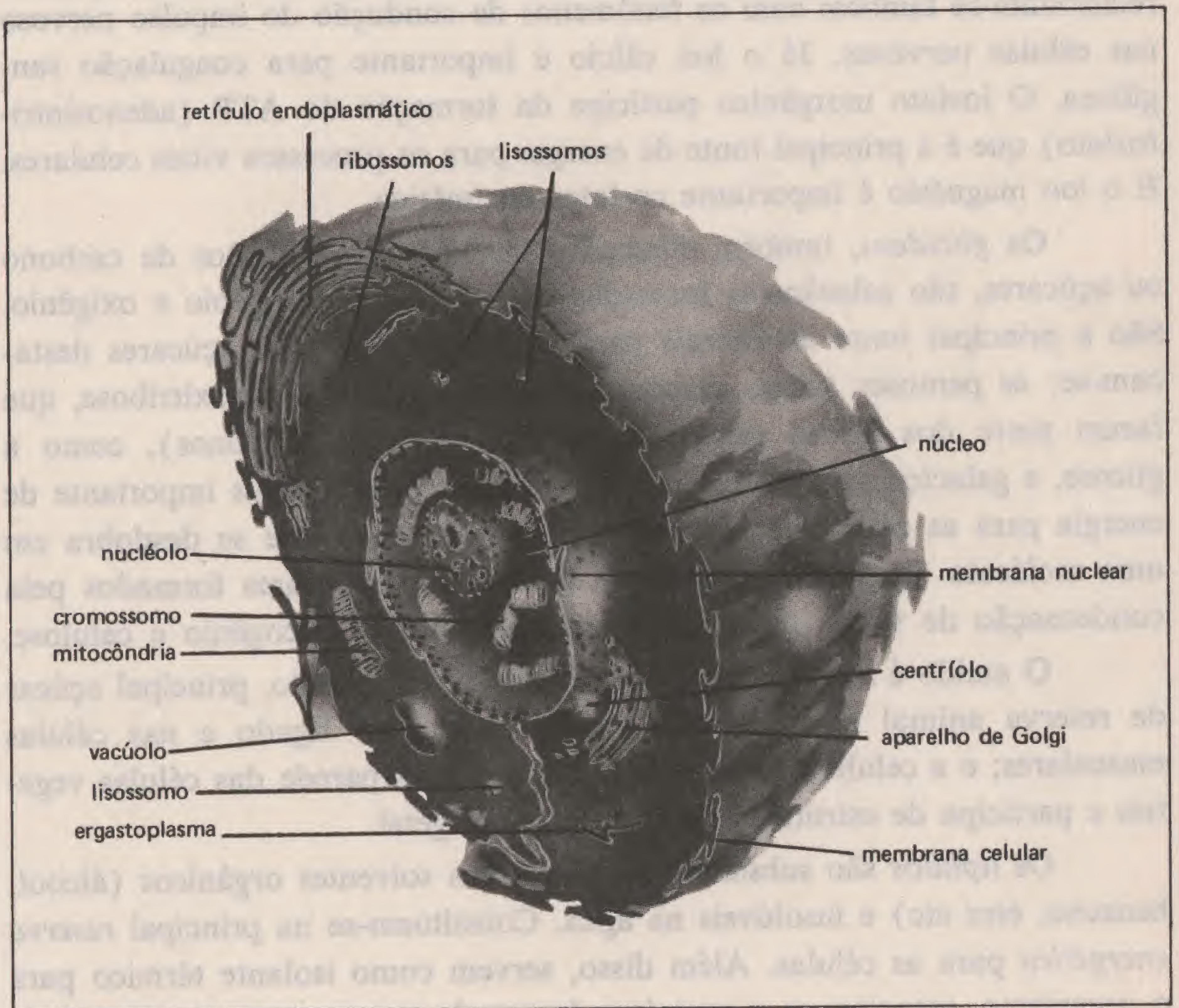
Vimos o histórico das células, como observá-las e as unidades utilizadas em seu dimensionamento. Como é a estrutura celular? A maioria das células apresenta três partes: membrana, citoplasma e núcleo.



A *membrana* é o envoltório das células. Todas as células possuem uma membrana viva denominada membrana plasmática. Nas células vegetais, além da plasmática, há também a membrana de celulose.

O *citoplasma* apresenta-se dividido em fundamental e diferenciado. O fundamental é opticamente homogêneo. Nele se encontram imersas estruturas vivas denominadas organóides citoplasmáticos. São organóides de células animais: retículo endoplasmático, ribossomos, complexo de Golgi, mitocôndrias, centríolos, lisossomos e vacúolos. As células vegetais apresentam também plastos. Ao conjunto de organóides denominamos citoplasma diferenciado.

O *núcleo* é separado do citoplasma por uma membrana, a carioteca. No interior do núcleo encontram-se o suco nuclear, o nucléolo e os cromossomos. Estes possuem os genes, determinantes dos caracteres hereditários.



A célula animal



## 5. Composição química

De que substâncias são constituídas as células? A matéria viva que constitui as células é denominada protoplasma. O protoplasma é formado por componentes químicos que são classificados em inorgânicos e orgânicos.

Os inorgânicos são a água e os sais minerais. Os orgânicos são as proteínas, os glicídeos, os lipídios, os ácidos nucleicos, as vitaminas etc.

A *água* é o componente mais abundante das células. Cerca de 95% da água total encontra-se no estado livre servindo como solvente e meio dispersante para o sistema coloidal do protoplasma. O restante é água ligada. Une-se a proteínas por ligações denominadas pontes de hidrogênio. A água é indispensável para as atividades metabólicas da célula.

Os *sais minerais* são, em geral, encontrados dissociados ionicamente. Íons como o sódio, o potássio e o cloro têm importância na manutenção da pressão osmótica e do equilíbrio acidobásico da célula. Potássio e sódio relacionam-se também com os fenômenos de condução do impulso nervoso nas células nervosas. Já o íon cálcio é importante para coagulação sanguínea. O fosfato inorgânico participa da formação do ATP (adenosintrifosfato) que é a principal fonte de energia para os processos vitais celulares. E o íon magnésio é importante co-fator enzimático.

Os *glicídeos*, também chamados carboidratos, hidratos de carbono ou açúcares, são substâncias formadas por carbono, hidrogênio e oxigênio. São a principal *fonte de energia* para as células. Entre os açúcares destacam-se: as pentoses (cinco carbonos), como a ribose e desoxirribose, que fazem parte dos ácidos nucleicos; as hexoses (seis carbonos), como a glicose, a galactose e a frutose, sendo a glicose a fonte mais importante de energia para as células; a sacarose (açúcar de cana) que se desdobra em uma molécula de glicose e outra de frutose; e os açúcares formados pela condensação de várias moléculas de glicose, amido, glicogênio e celulose.

O amido é a principal reserva vegetal; o glicogênio, principal açúcar de reserva animal é encontrado principalmente no fígado e nas células musculares; e a celulose é um açúcar que forma a parede das células vegetais e participa de estruturas de sustentação vegetal.

Os *lipídios* são substâncias solúveis nos solventes orgânicos (álcool, benzeno, éter etc) e insolúveis na água. Constituem-se na principal *reserva energética* para as células. Além disso, servem como isolante térmico para o organismo, associam-se a proteínas formando as estruturas membranosas celulares e participam da formação de alguns hormônios.



São lipídios os óleos, as gorduras e as ceras. Um grupo de lipídios, os esteróides, apresenta substâncias de grande importância como os hormônios sexuais, hormônios da córtex supra-renal, ácidos biliares, vitamina D etc.

Um outro esteróide, o colesterol, é encontrado em várias partes do organismo. É o depósito de colesterol na parede interna das artérias que resulta na doença denominada arterioesclerose. Finalmente, outros lipídios são os carotenóides, pigmentos alaranjados ou avermelhados. São carotenóides o caroteno e a xantofila. A partir dos carotenos, particularmente o  $\beta$ -caroteno, há síntese de vitamina A.

Quanto aos *ácidos nucléicos e proteínas*, podemos dizer que são os principais componentes do protoplasma e que sem eles a vida seria impossível. Os ácidos nucléicos contêm todas as informações para a composição das proteínas e comandam a sua síntese. É por isso que antes de abordarmos a estrutura celular em detalhe analisaremos os ácidos nucléicos e as proteínas, além de compostos orgânicos dotados de atividades específicas, como enzimas, coenzimas, vitaminas e hormônios.

## 6. Exercícios

1. (UFPA) A teoria celular proposta por Schleiden e Schwann, em 1838, afirma que:
  - a) todos os organismos, inclusive os vírus, são constituídos por células.
  - b) todas as células têm uma estrutura básica: membrana, citoplasma e núcleo.
  - c) a célula é a unidade fundamental de todos os seres vivos.
  - d) toda célula provém de uma célula preexistente.
  - e) há células com núcleo individualizado – eucarióticas – e células sem núcleo aparente – procarióticas.
2. (Med. Santos) A respeito de hexoses e pentoses, podemos afirmar que:
  - a) ambas fazem parte das moléculas dos ácidos nucléicos.
  - b) ambas são carboidratos.
  - c) ambas são polissacarídeos.
  - d) ambas fazem parte do componente esquelético da parede das células vegetais.
  - e) nenhuma das citadas.
3. Proteínas
  - a) Relacionam-se com os fenômenos de condução do impulso nervoso
  - b) Participa da molécula de clorofila
  - c) Composto orgânico
  - d) Têm importância no processo de coagulação sanguínea
  - e) Um dos componentes do suco gástrico



4. (PUCSP) – O papel principal do íon  $\text{PO}_4^{3-}$  na célula é:
- manter o equilíbrio osmótico
  - formar ligações de alta energia
  - atuar como oxidante energético
  - regular o equilíbrio ácido-base
  - atuar como catalisador em reações metabólicas
5. Que funções podem realizar os carboidratos nos organismos vivos?
6. Quais são os monossacarídeos mais importantes para os seres vivos? Cite exemplos com suas fórmulas moleculares.
7. Que são lipídios e como podem ser classificados?
8. Qual a importância do colesterol para os organismos vivos?
9. Como exemplos de dissacarídeos podem ser citados:
- ribose, sacarose e desoxirribose
  - glicose, galactose e frutose
  - sacarose, maltose e celulose
  - sacarose, maltose e lactose
  - celulose, amido e glicogênio
10. (FGV) – Glicogênio e celulose têm em comum, na sua composição, moléculas de:
- aminoácidos
  - ácidos graxos
  - carboidratos
  - proteínas
  - glicerol
11. (ISE/São Paulo) – São carboidratos, muito importantes na síntese dos ácidos nucleicos:
- glicose e galactose
  - glicose e monose
  - ribose e glicose
  - ribose e desoxirribose
  - n.d.a.
12. Que se entende por compostos inorgânicos? Cite exemplos.
13. Como são encontrados os sais minerais nas células em geral?
14. Que funções realizam os íons fosfatos nos organismos vivos?
15. Como exemplos de compostos inorgânicos podem ser citados:
- água e sais minerais
  - água e açúcares
  - sais minerais e açúcares
  - água e ácidos nucleicos
  - ácidos nucleicos e proteínas



# Ácidos Nucléicos

## 1. Introdução

Ácidos nucleicos são ácidos orgânicos predominantemente encontrados no núcleo das células. Ligam-se a proteínas constituindo as nucleoproteínas, material que compõe os cromossomos.

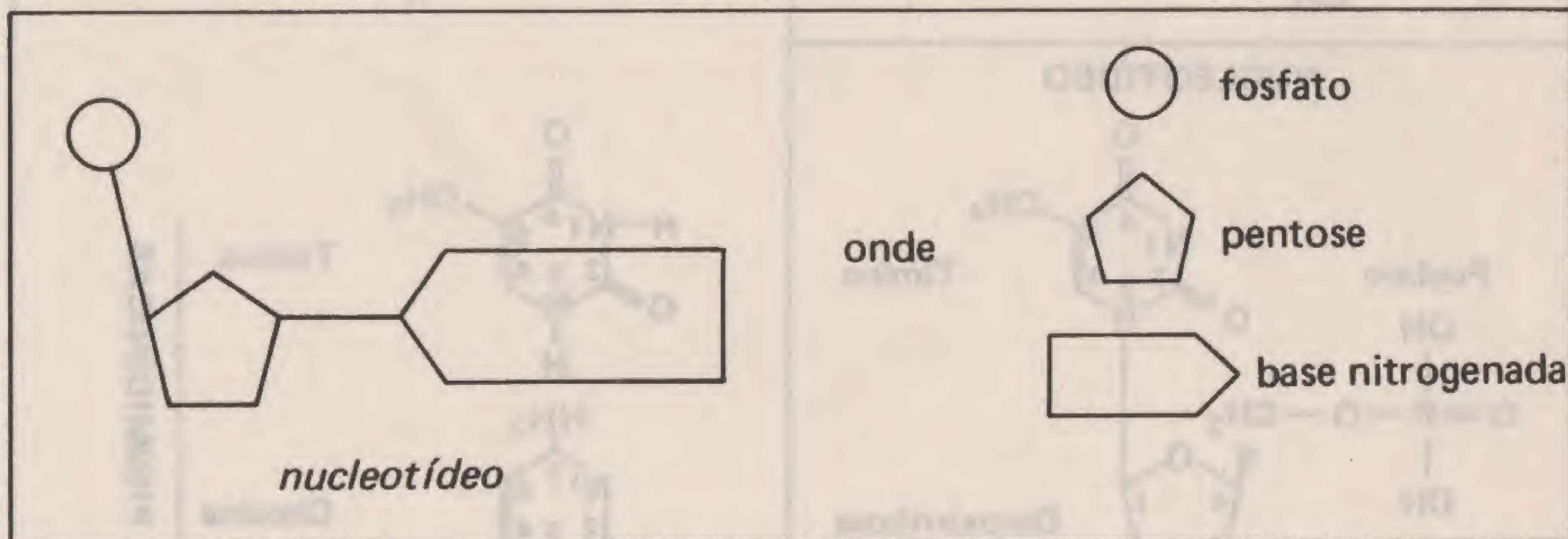
Os ácidos nucleicos são encontrados em todos os seres vivos onde se constituem em substâncias portadoras da informação genética.

Há dois ácidos nucleicos: o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA). Ambos são moléculas de peso molecular da ordem de milhões. A utilização de enzimas, denominadas nucleases, capazes de quebrar as moléculas dos ácidos nucleicos, os divide em subunidades denominadas *nucleotídeos*. Portanto, uma seqüência de milhares de nucleotídeos forma uma molécula de um ácido nucleico.

## 2. Os nucleotídeos

Os nucleotídeos são as unidades formadoras dos ácidos nucleicos. Cada nucleotídeo é formado por três componentes: um radical fosfato, uma pentose e uma base nitrogenada.

Esquemáticamente temos:



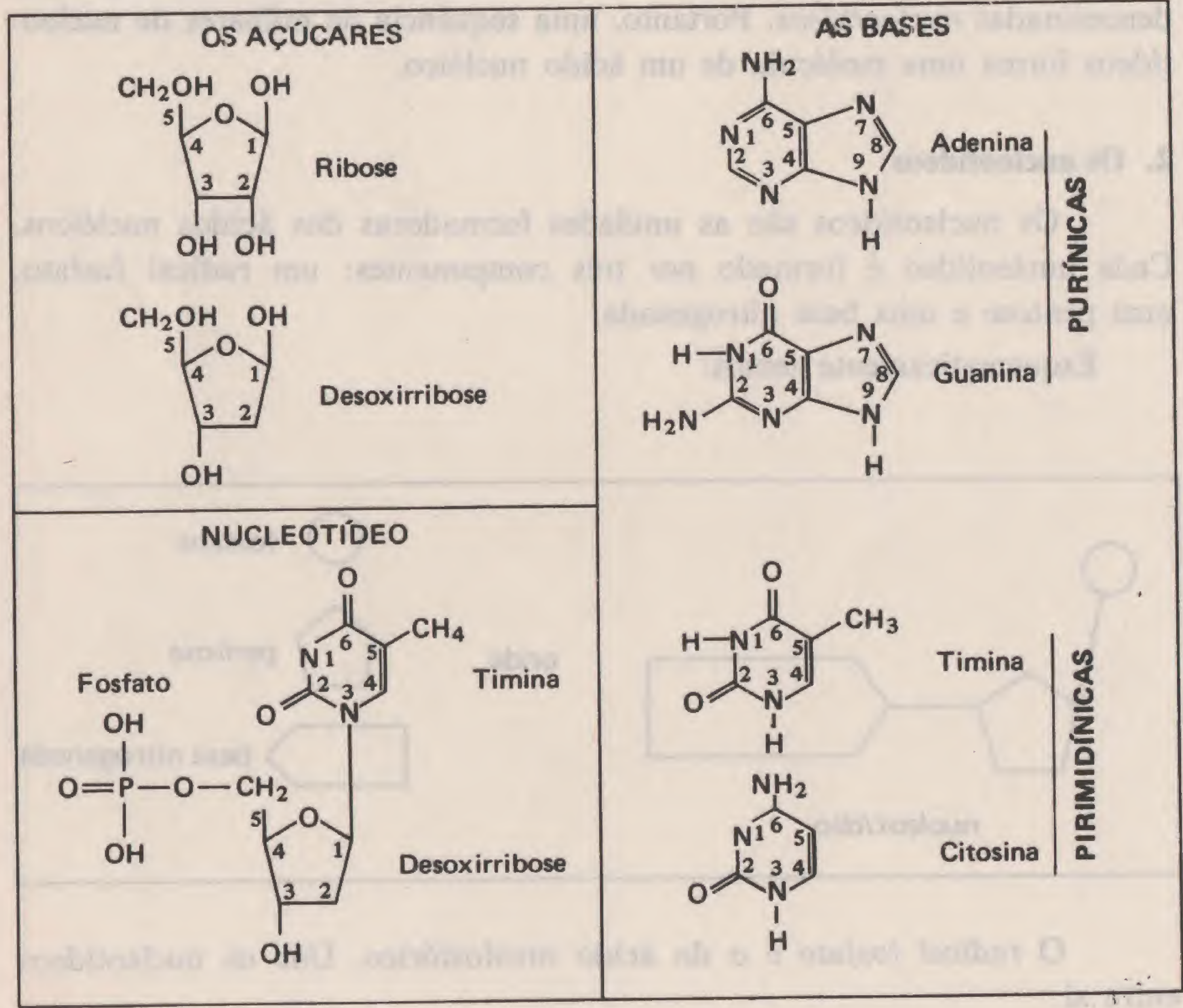
O radical fosfato é o do ácido ortofosfórico. Une os nucleotídeos entre si.



As *pentoses* são açúcares que contêm um anel pentagonal com cinco carbonos. Há duas pentoses: a ribose (encontrada no RNA) e a desoxirribose (encontrada no DNA).

As *bases nitrogenadas* dividem-se em duas categorias: purínicas e pirimidínicas. As purínicas apresentam em sua estrutura um duplo de carbono e nitrogênio. São a adenina e a guanina. As pirimidínicas são constituídas por um único anel de carbono e nitrogênio. São a citosina, a timina e a uracila.

Cada ácido nucléico possui apenas quatro tipos de bases nitrogenadas, duas purínicas e duas pirimidínicas. Assim nos nucleotídeos do DNA encontram-se: adenina, guanina, citosina e timina. Temos portanto no DNA quatro tipos diferentes de nucleotídeos, conforme a base nitrogenada que se ligue ao conjunto desoxirribose e fosfato. Nos nucleotídeos do RNA encontram-se: adenina, guanina, citosina e uracila. O RNA possui quatro tipos de nucleotídeos conforme a base nitrogenada que se ligue ao conjunto ribose e fosfato.





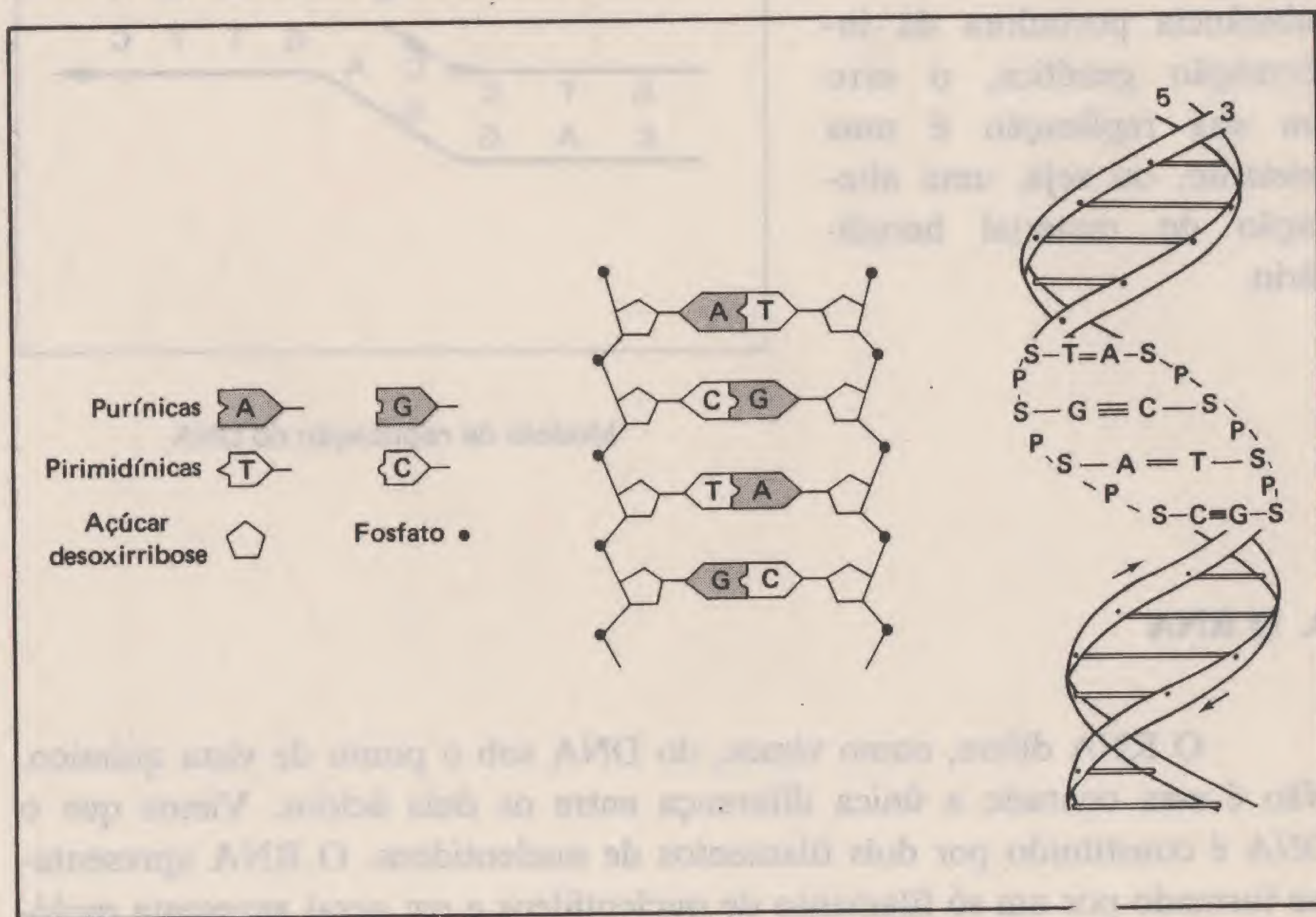
Finalizando, note-se que DNA e RNA diferem, sob o ponto de vista químico, quanto ao tipo de pentose apresentada e ainda quanto a uma das bases pirimidínicas: timina (DNA) e uracila (RNA).

### 3. O DNA

Chargaff descobriu (1950 a 1953) que na molécula de DNA a relação molecular entre adenina e timina e entre citosina e guanina é sempre 1:1. Estes dados serviram de base a Watson e Crick que elaboraram um modelo molecular para o DNA (1953), posteriormente aperfeiçoado por Wilkins.

Segundo Watson e Crick, a molécula de DNA é formada por dois filamentos de polinucleotídeos, dispostos helicoidalmente em torno de um mesmo eixo. Cada filamento é constituído por nucleotídeos ligados uns aos outros pelo fosfato. Os dois filamentos estão unidos por pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas que formam pares definidos: adenina (A) com timina (T) e citosina (C) com guanina (G).

O modelo pode ser comparado a uma escada espiralada. Os corrimões são constituídos pelo conjunto fosfato-desoxirribose e os degraus pelos pares de bases nitrogenadas.



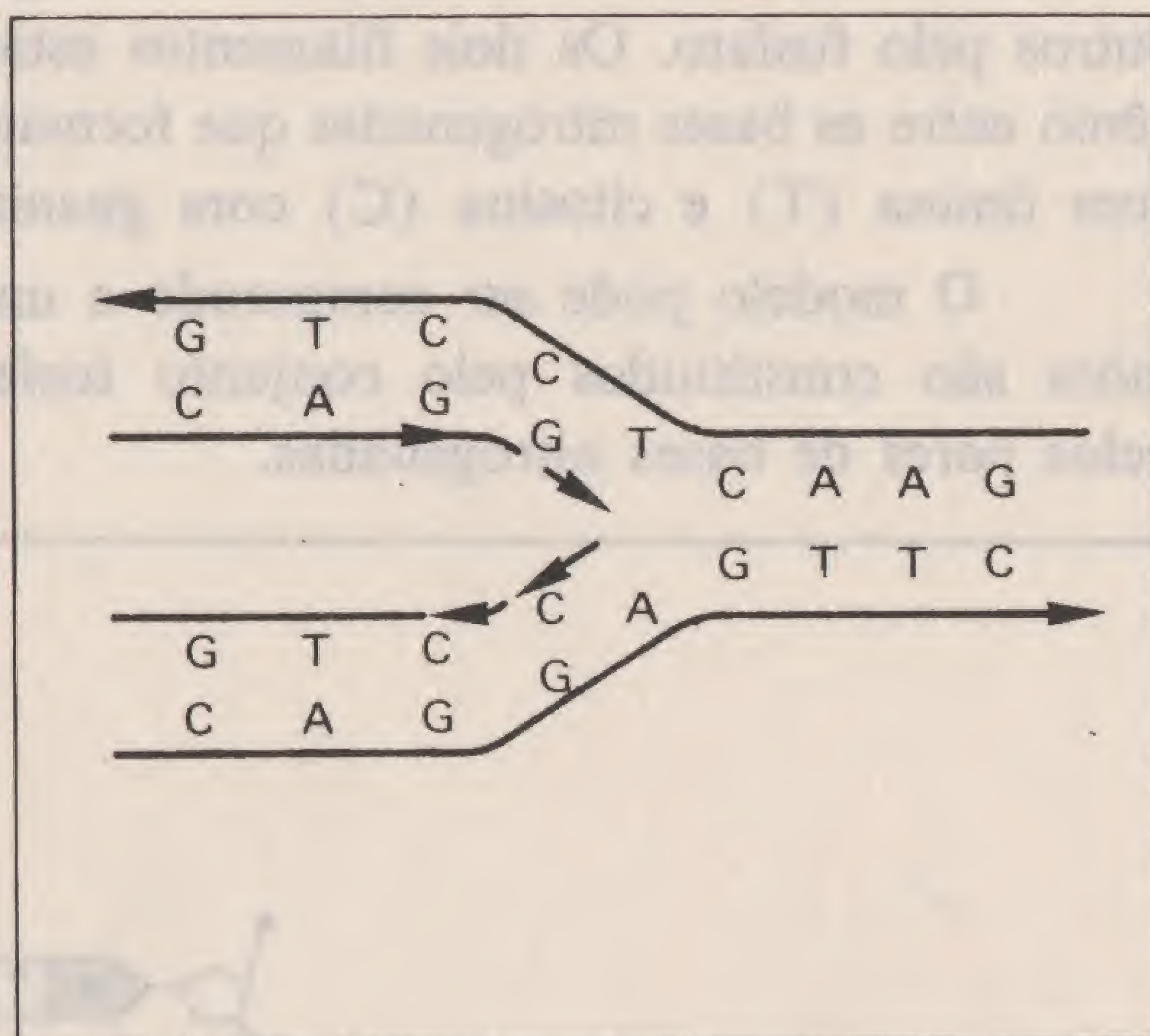
O DNA



Observa-se a existência de duas ligações (pontes de hidrogênio) entre adenina e timina e três entre citosina e guanina.

Estas ligações são relativamente fracas. Por isso, os dois filamentos do DNA podem se separar, abrindo-se como o faz um zíper. Cada filamento separado serve de molde para a síntese de seu filamento complementar. Desse modo, uma molécula de DNA dá origem a duas moléculas exatamente iguais à original, ou seja, o DNA sofre um processo de *replicação*. Note-se que, nesse caso, a molécula original deixa de existir. Como porém em cada molécula-filha um dos filamentos pertencia à molécula original, o processo de replicação é dito semiconservativo.

Para que a replicação ocorra há necessidade de uma enzima, a DNA-polimerase. A replicação é exata. Em caso de erro, o DNA produzido apresenta-se alterado. Como o DNA é a substância portadora da informação genética, o erro em sua replicação é uma *mutação*, ou seja, uma alteração do material hereditário.



Modelo de replicação do DNA

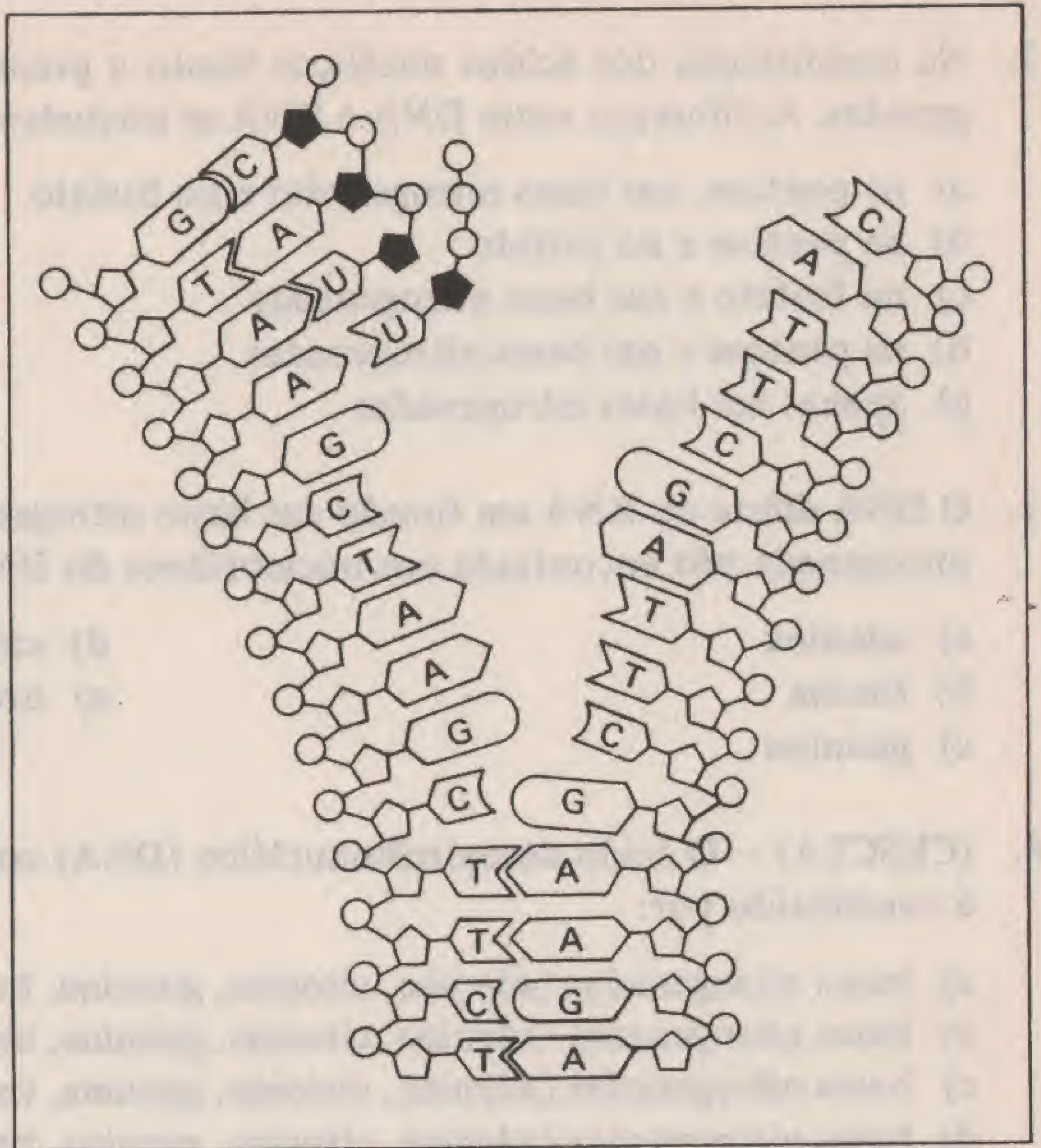
#### 4. O RNA

O RNA difere, como vimos, do DNA sob o ponto de vista químico. Não é essa contudo a única diferença entre os dois ácidos. Vimos que o DNA é constituído por dois filamentos de nucleotídeos. O RNA apresenta-se formado por um só filamento de nucleotídeos e em geral apresenta moléculas mais curtas que as de DNA.



O RNA é sintetizado no núcleo a partir do DNA. A síntese ocorre na presença da enzima RNA-polimerase e assemelha-se à replicação do DNA.

Os dois filamentos de DNA se separam. Apenas uma das cadeias servirá de matriz para síntese do filamento único do RNA. Onde houver uma guanina (G) no DNA se encaixará uma citosina (C) no RNA. Onde aparecer uma adenina (A) no DNA se ajustará uma uracila (U) no RNA.



A síntese de RNA

Distinguem-se três tipos de RNA: o mensageiro, o transportador e o ribossômico.

O *RNA mensageiro* participa da síntese de proteínas. Leva informações codificadas no DNA até os ribossomos, local onde ocorre a síntese protéica. O *RNA transportador* ou de transferência também participa do processo de síntese protéica. Liga-se a aminoácidos levando-os ao ribossomo onde são colocados adequadamente na molécula protéica que está sendo sintetizada. O *RNA ribossômico* é encontrado nos ribossomos e se constitui na maior parte do RNA celular.

## 5. Exercícios

1. (OSEC) – O DNA e o RNA quanto a sua estrutura química são:

- polipeptídeos
- polinucleotídeos
- polissacarídeos
- fosfatídeos
- nucleoproteínas



2. Na constituição dos ácidos nucleicos temos a presença de fosfato, pentoses e bases nitrogenadas. A diferença entre DNA e RNA se estabelece:
  - a) na pentose, nas bases nitrogenadas e no fosfato
  - b) na pentose e no fosfato
  - c) no fosfato e nas bases nitrogenadas
  - d) na pentose e nas bases nitrogenadas
  - e) apenas nas bases nitrogenadas
  
3. O DNA difere do RNA em função das bases nitrogenadas de seus nucleotídeos. Qual a base nitrogenada *não* encontrada nos nucleotídeos do DNA?
  - a) adenina
  - b) timina
  - c) guanina
  - d) citosina
  - e) uracila
  
4. (CESCEA) – O ácido desoxirribonucleico (DNA) constitui a base molecular da herança e é constituído por:
  - a) bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina, timina)
  - b) bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina, uracila), desoxirribose e fosfato
  - c) bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina, timina), desoxirribose e fosfato
  - d) bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina, timina), desoxirribose, proteína e fosfato
  - e) bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina, uracila), desoxirribose, proteína e fosfato
  
5. Indique, nas alternativas abaixo, um nucleotídeo do RNA:
  - a) adenina – desoxirribose – fosfato
  - b) timina – ribose – radical fosfato
  - c) guanina – desoxirribose – radical fosfato
  - d) uracila – ribose – radical fosfato
  - e) uracila – desoxirribose – radical fosfato
  
6. (MAD) – As moléculas de RNA apresentam, na sua composição, uracila em lugar de:
  - a) guanina
  - b) citosina
  - c) timina
  - d) adenina
  
7. (FGV) - O ADN é:
  - a) um hormônio
  - b) a substância portadora da informação genética
  - c) a fórmula da trissomia A-D-N
  - d) o oposto do ARN
  - e) a substância responsável pela fotossíntese
  
8. Descreva resumidamente, o modelo para a molécula do DNA proposto por Watson, Crick e Wilkins.
  
9. (FUVEST) – Discorra sucintamente sobre duas propriedades do DNA como material genético.
  
10. (FEI) – Em uma molécula de ADN, a sequência de bases nitrogenadas de um lado é timina, guanina, citosina e adenina. Qual é o lado complementar dessa cadeia?



11. (MAUÁ) – Sabendo-se que um segmento de uma molécula do DNA apresenta uma sequência de bases ACAACTAATGGT, pergunta-se: qual é a sequência de bases do RNAm formado por esse modelo?
12. (FUVEST) – Sabendo-se que um determinado segmento de DNA apresenta capacidade de transcrever e que a sua sequência de bases é:  
ACTCCGCTTAGG  
TGAGGCGAATCC, quais poderiam ser as sequências de bases do RNA por ele produzido?  
Por quê?
13. (Med. ABC) – Na molécula do DNA a quantidade de:
- adenina mais timina é igual à citosina mais guanina
  - citosina mais uracil é igual à timina mais adenina
  - uracil mais adenina é igual à citosina mais guanina
  - guanina mais timina é igual à citosina mais uracila
  - adenina mais citosina é igual à guanina mais timina
14. (Med. Santos) – Os nomes de Watson e Crick estão ligados à descoberta da:
- composição química dos cromossomos
  - composição química dos ácidos nucleicos
  - composição química do ácido ribonucleico
  - estrutura da molécula do cromossomo
  - estrutura da molécula do ácido desoxirribonucleico
15. (CESCEA-Modificado) – Considere as afirmativas seguintes:
- o DNA (ácido desoxirribonucleico) é o material genético por excelência, encontrado no núcleo associado aos cromossomos
  - o material genético de certos vírus é constituído pelo RNA (ácido ribonucleico)
  - as especificações genéticas do DNA são determinadas especialmente pela sequência das bases orgânicas (adenina, citosina, timina e guanina) ao longo da sua cadeia
  - a sequência das bases orgânicas é a mesma para os indivíduos de uma mesma espécie
  - o RNA difere em relação ao DNA apenas pelo fato de que no lugar da desoxirribose está presente a ribose
- Dessas afirmativas, são verdadeiras apenas as seguintes:
- c, d
  - a, b, c
  - c, d, e
  - b, c, e
  - a, b, c, d
16. (Med. Santos) – Na hidrólise de ácidos nucleicos, as bases pirimídicas produzidas pelo RNA são:
- citosina e guanina
  - adenina e uracil
  - citosina e timina
  - adenina e timina
  - citosina e uracil



# Proteínas e Enzimas

## 1. Proteínas

Proteínas são compostos orgânicos formados pela associação de  $\alpha$ -aminoácidos. Têm grande importância para a vida pois fazem parte de estruturas celulares e controlam várias atividades. Entre suas funções destacam-se as ações como enzimas e anticorpos, a participação nos mecanismos de respiração, fotossíntese e contração muscular, o ativo papel no revestimento e sustentação dos seres vivos e o fato de produzirem energia quando oxidadas.

Uma proteína formada apenas por  $\alpha$ -aminoácidos é dita simples. São proteínas simples as albuminas (soroalbumina do plasma) e as globulinas (gamaglobulinas que funcionam como anticorpos). Se contudo uma proteína apresentar em sua constituição outras substâncias associadas aos  $\alpha$ -aminoácidos será chamada de proteína conjugada. Nesse caso, denomina-se grupo prostético a substância que se associa aos  $\alpha$ -aminoácidos. São proteínas conjugadas as nucleoproteínas (grupo prostético — ácidos nucleicos), as lipoproteínas (grupo prostético — lípidos) e as cromoproteínas (grupo prostético  $\rightarrow$  pigmentos). São cromoproteínas os pigmentos respiratórios, a clorofila e a hemoglobina.

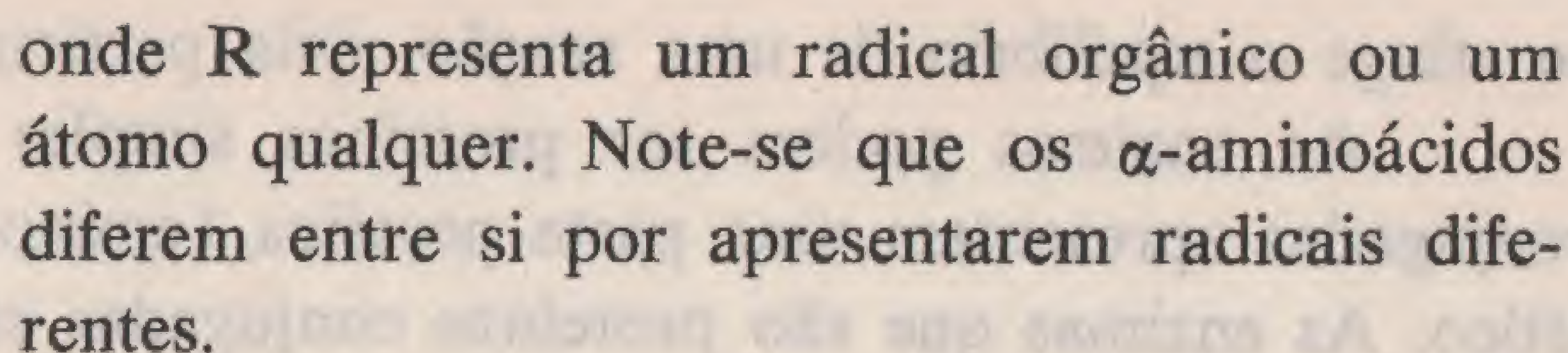
As proteínas simples e as conjugadas são naturais. Existem contudo proteínas que derivam das naturais por processos de desnaturação e hidrólise. É o caso dos subprodutos da digestão de proteínas que ocorre no tubo digestivo humano.

### Aminoácidos

Dá-se o nome de aminoácido a uma substância derivada de um ácido orgânico no qual o hidrogênio está substituído por um grupo amina ( $-\text{NH}_2$ ). Este grupo amina liga-se ao carbono  $\alpha$ , carbono vizinho do car-

bono do grupo ácido ( $-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array}$ ), daí a denominação  $\alpha$ -aminoácido:





### Ligação peptídica

$$\begin{array}{ccccccc}
 \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{R}^1 - \text{C} - \text{C}(=\text{O}) \\ | \\ \text{H} \end{array} & + & \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{R}^2 - \text{C} - \text{C}(=\text{O}) \\ | \quad | \\ \text{N} - \text{H} \quad \text{OH} \end{array} & \longrightarrow & \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{R}^1 - \text{C} - \boxed{\text{C}(=\text{O}) - \text{N} - \text{H}} \\ | \\ \text{H} \end{array} & - & \begin{array}{c} \text{R}_2 \\ | \\ \text{C} - \text{C}(=\text{O}) \\ | \\ \text{H} \end{array} & + & \text{H}_2\text{O} \\
 \text{aminoácido 1} & + & \text{aminoácido 2} & \longrightarrow & \text{ligação peptídica} & + & \text{di-peptídeo} & + & \text{água}
 \end{array}$$

Se uma proteína é formada por uma seqüência linear de aminoácidos diz-se que apresenta estrutura primária. Se possui a forma de uma  $\alpha$ -hélice sua estrutura é secundária. Se a cadeia de aminoácidos dobra-se sobre si mesma e forma ligações internas a estrutura é dita terciária. Duas ou mais estruturas terciárias podem unir-se formando uma estrutura quaternária. A hemoglobina, por exemplo, é formada por quatro cadeias polipeptídicas (duas de cada tipo) ligadas a um composto que contém ferro, o grupo heme.

Enzimas são proteínas que agem como catalisadores nas células vivas. Catalisador é uma substância que modifica a velocidade com que



se atinge o equilíbrio de uma reação, dela participando sem se desgastar.

As enzimas podem ser proteínas simples e conjugadas. Quando conjugadas apresentam uma parte protéica (aminoácidos) e o grupo prostético. As enzimas que são proteínas conjugadas são denominadas *holoenzimas*. A parte protéica é chamada *apoenzima* e o grupo prostético, *coenzima*. Portanto temos:  $\text{holoenzima} = \text{apoenzima} + \text{coenzima}$ .

As enzimas são, em geral, denominadas utilizando-se o sufixo *ase*, que é acrescentado ao nome da reação que um grupo de enzimas catalisa ou ao nome do substrato. *Substrato* é a substância sobre a qual a enzima age. Como exemplo temos: amilase (age sobre o amido), sacarase (age sobre a sacarose).

### Ação enzimática

Dá-se o nome de *energia de ativação* à requerida para o início de uma reação química. As enzimas agem diminuindo a energia de ativação necessária para que a reação se processe. Para isso dispõem de uma região, o *centro ativo*, que é o local onde o substrato se adere.

Da união da enzima com o seu substrato forma-se o *complexo enzima-substrato*. Nessa ocasião, o estado energético da molécula do substrato é alterado, ocorrendo então a reação. Formam-se os produtos e a enzima é liberada.

O modo como uma enzima age pode ser explicado pela *teoria da chave-fechadura*. Considera-se a enzima como uma chave e o substrato como um cadeado. A parte recortada da chave é o centro ativo da enzima.

O encaixe da parte recortada da chave na fechadura do cadeado forma o complexo enzima-substrato. A abertura do cadeado representa o desdobramento do substrato em seus produtos.

A teoria da chave-fechadura permite duas conclusões. Em primeiro lugar, as enzimas não se gastam durante a reação (a chave pode ser utilizada novamente após o cadeado aberto). E, as enzimas são específicas, agindo sobre um único substrato (a chave abre uma só fechadura).

Note-se que as enzimas são capazes de unir dois substratos originando um novo produto (a chave do cadeado também pode ser usada para fechá-lo).

A ação enzimática depende de fatores como a temperatura e o pH do meio. O pH é um número que indica a acidez ou a alcalinidade de um meio. Esse número varia de zero a 14. O valor 7 indica meio neutro. Valores entre zero e 7 indicam meio ácido e entre 7 e 14, meio básico. Há um



pH “ótimo” para a ação de cada enzima. Acima ou abaixo desse pH a enzima diminui a sua atividade. Como exemplo, temos as enzimas que agem no estômago (necessitam de meio ácido) e as que atuam no intestino (necessitam de meio básico).

Quanto à temperatura, há também um “ótimo” para a ação enzimática, que nos animais homeotermos coincide com a temperatura do corpo do animal. Em geral, a velocidade da reação enzimática aumenta com a elevação da temperatura. Contudo, acima da temperatura ótima há uma queda violenta da velocidade de reação. As temperaturas mais altas destroem enzimas pela desnaturização protéica.

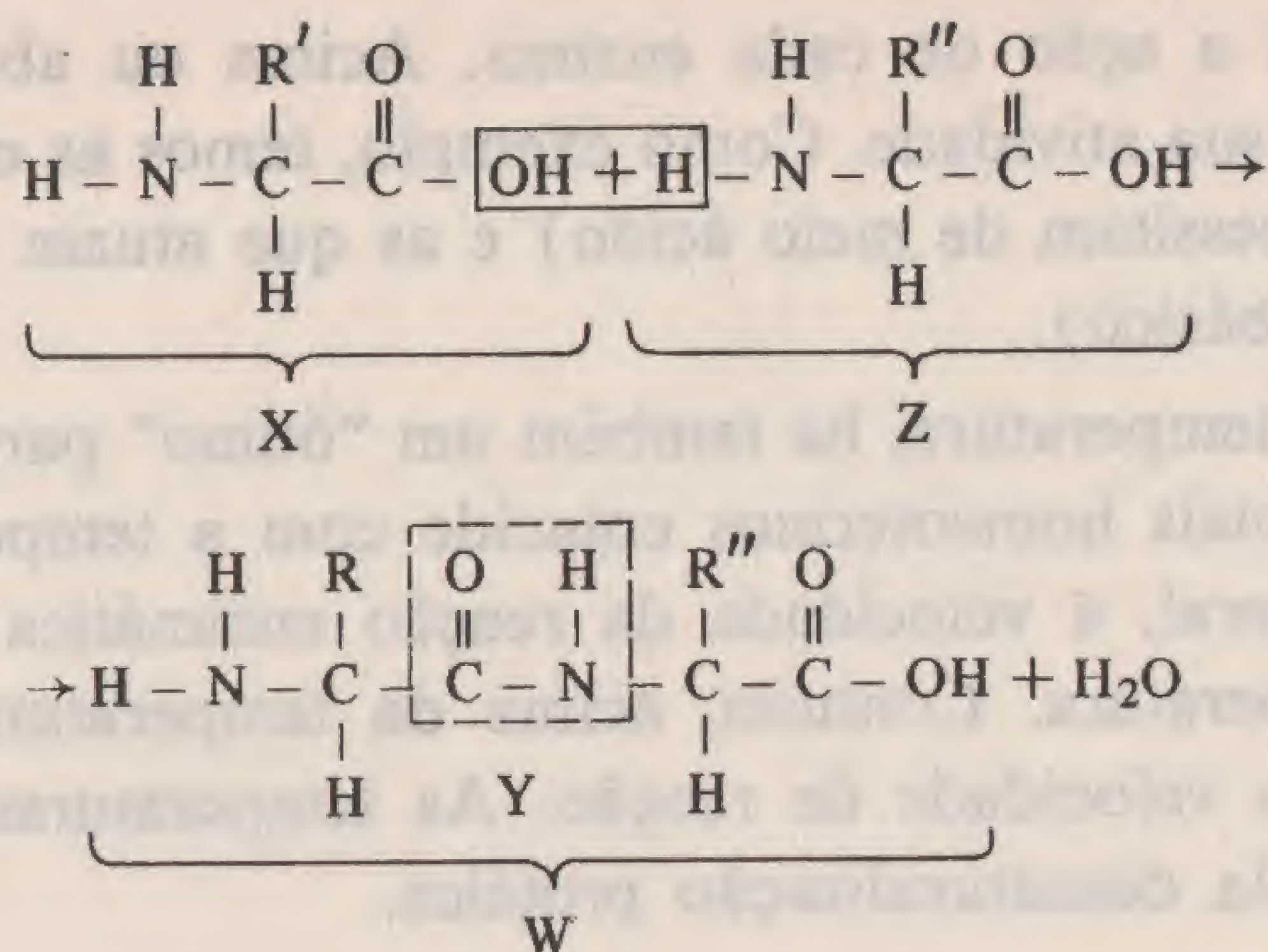
### 3. Exercícios

1. (Med. Santos) O componente não-aquoso da célula é constituído na sua maior parte por:
  - a) carboidratos.
  - b) lípides.
  - c) ácido desoxirribonucléico.
  - d) ácido ribonucléico.
  - e) proteínas.
2. (PUCC) A ligação peptídica resulta da união entre o grupo:
  - a) carboxila de um aminoácido e carboxila de outro.
  - b) amina de um aminoácido e grupo R de outro.
  - c) amina de um aminoácido e carboxila do outro.
  - d) carboxila de um aminoácido e grupo R do outro.
  - e) n.d.a.
3. (PUC) As enzimas são:
  - a) carboidratos que têm a função de regular o nível de açúcar (glicose) no sangue dos animais superiores.
  - b) proteínas que têm a função de catalisar reações químicas nos seres vivos.
  - c) proteínas com função estrutural que entram na composição da parede celular dos vegetais.
  - d) lipídios que têm a função de fornecer energia para as reações celulares.
  - e) mucopolissacarídeos que têm função estrutural nos exosqueletos dos artrópodes.

(Med. Itajubá) – Use a seguinte chave para responder as questões 4 e 5.

- a) se I, II e III forem verdadeiras
- b) se I, II e III forem falsas
- c) se apenas I e II forem verdadeiras
- d) se apenas I e III forem falsas
- e) se apenas II e III forem corretas





4. No esquema acima, temos que:

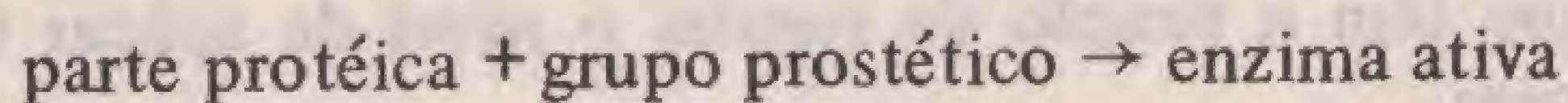
- I – As letras X e Z representam dois aminoácidos quaisquer.
- II – A letra Y representa uma ligação peptídica.
- III – A letra W representa uma proteína qualquer.

5. I – Se cinco aminoácidos se unirem, como X e Z se uniram, teremos cinco ligações peptídicas.  
 II – Considerando-se uma proteína qualquer, X e Z poderiam ser os monômeros dela.  
 III – O esquema representa uma síntese por desidratação.

6. (Med.ABC) – Quando uma reação é catalisada por uma enzima:

- a) a energia de ativação se reduz e a energia livre de reação também
- b) a energia de ativação se reduz e a energia livre de reação aumenta
- c) a energia de ativação se reduz e a energia livre de reação não se altera
- d) a energia de ativação aumenta e a energia livre de reação também
- e) a energia de ativação aumenta e a energia livre de reação se reduz

7. (MACK) – Enzimas são proteínas simples ou proteínas ligadas a um grupo não protéico (grupo prostético). Neste caso, a atividade enzimática só ocorre quando a parte protéica reage com o grupo prostético:



A parte protéica, o grupo prostético e a enzima ativa são chamados, respectivamente, de:

- a) apoenzima, holoenzima e coenzima
- b) holoenzima, coenzima e apoenzima
- c) coenzima, apoenzima e holoenzima
- d) apoenzima, coenzima e holoenzima
- e) holoenzima, apoenzima e coenzima

8. (Santa Casa-SP) – Sobre as enzimas, está **ERRADO** dizer que:

- a) são todas proteínas que podem ou não estar associadas a moléculas de outra natureza
- b) agem acelerando reações químicas que normalmente se processariam muito lentamente
- c) independentemente da temperatura ou do pH do meio, uma vez unidas ao substrato sobre o qual agem, as enzimas exercem sua função
- d) há enzimas que agem mais rapidamente que outras
- e) é possível anular ou diminuir a atividade de uma enzima



# Vitaminas

## 1. Introdução

“Vitaminas são substâncias orgânicas particulares que entram na constituição de diversas coenzimas de fermentos que catalisam processos metabólicos gerais e especiais. São de origem endógena nos vegetais verdes e em numerosos organismos unicelulares, e exógenos nos metazoários, aos quais devem pois ser fornecidas através de alimentos. São necessárias em quantidades muito pequenas e distinguem-se dos outros constituintes da matéria viva porque não representam fonte de energia e não desempenham funções plásticas.”

As vitaminas são classificadas de acordo com a sua solubilidade em lipossolúveis e hidrossolúveis. As *lipossolúveis* são as solúveis em lipídios e solventes orgânicos. São as vitaminas A, D, E e K. As *hidrossolúveis* são as solúveis em água. Incluem o complexo B e a vitamina C.

A seguir estudaremos as vitaminas, considerando as suas fontes e os efeitos de sua carência (avitaminoses).

## 2. Vitaminas lipossolúveis

Vitamina	Fontes	Carência
<b>A</b> (antixeroftálmica)	óleo de fígado de bacalhau, leite, ovos, cenoura, tomate, espinafre etc.	xeroftalmia (ressecamento da córnea) cegueira noturna atraso no crescimento
<b>D</b> (anti-raquítica)	óleo de fígado de bacalhau, leite, gema de ovo. Síntese na pele sob ação dos raios ultravioleta solares.	raquitismo (deficiência da calcificação dos ossos)
<b>E</b> (tocoferol)	fígado, músculos esqueléticos, gorduras, vísceras, folhas verdes, milho, óleos de sementes.	anemia dermatite em lactentes
<b>K</b> (anti-hemorrágica)	fígado, gordura, ovos, leite, óleos, repolho, espinafre.	hemorragias



### 3. Vitaminas hidrossolúveis

As vitaminas do complexo B são a B<sub>1</sub>, a B<sub>2</sub>, a B<sub>6</sub>, a PP ou G e a B<sub>12</sub>.

Vitamina	Fontes	Carência
<b>B<sub>1</sub></b> (anti-beribérica) ou tiamina	levedura de cerveja, gêrme do trigo, cutícula de arroz, fígado, feijões, cereais integrais.	beribéri (inflamação e degeneração dos nervos periféricos)
<b>B<sub>2</sub></b> (riboflavina)	Levedura de cerveja, fígado, leite, queijos, ovos, carne, espinafre, feijão etc.	rachaduras no canto da boca, dermatite, fotofobia, distúrbios digestivos e nervosos
<b>B<sub>6</sub></b> (piridoxina)	levedura de cerveja, fígado, carne, peixe, ovos, leite, ervilha etc.	dermatite irritabilidade e convulsões
<b>PP</b> (G ou niacina)	fígado, carnes, batata-doce, cenoura, leite, peixe etc.	pelagra (dermatite, diarreia e demência)
<b>B<sub>12</sub></b> (cianocobalamina)	fígado, coração e rins de bovinos.	anemia perniciosa
<b>C</b> (ácido ascórbico)	frutas cítricas, caju, goiaba, couve etc.	escorbuto (hemorragias, inflamações articulares, lesões digestivas, perda de peso)

### 4. Exercícios

1. (Fund. Carlos Chagas) – O beribéri é causado por falta de:

- a) caroteno.
- b) riboflavina.
- c) ácido ascórbico.
- d) tiamina.
- e) caseína.

2. (Med. Santos) – Uma das moléstias abaixo relacionadas tem como causa fundamental uma dieta pobre (monotonia alimentar) à base de milho. Basicamente, é carência de vitamina B<sub>6</sub> e seus sintomas clássicos estão simbolizados em três D (dermatite, diarreia e demência). IDENTIFIQUE-A:

- a) BERIBÉRI
- b) PELAGRA
- c) ESCORBUTO
- d) BÓCIO
- e) BALANTIDÍASE

3. (Med. Santos) – HEMERALOPIA (cegueira noturna), RAQUITISMO e ESTERILIDADE podem ser provocadas, respectivamente, pela falta das vitaminas:

- a) A – D – E
- b) B – E – K
- c) D – A – K
- d) C – B – A
- e) A – B – C



4. Que são vitaminas?

5. O que é raquitismo?

6. Complete o quadro abaixo:

VITAMINAS	FONTES	CARÊNCIA
E		
K		
B <sub>12</sub>		
B <sub>6</sub>		
PP		

7. Que sintomas podem apresentar um indivíduo portador de beribéri?

8. O que é a anemia perniciosa?

9. Que sintomas caracterizam o quadro clínico do escorbuto?

10. A carência de vitamina A causa anormalidade em nosso organismo. Entre elas, podemos citar:

a) beribéri

d) escorbuto

b) pelagra

e) raquitismo

c) cegueira noturna

11. De acordo com o diagnóstico médico, uma criança apresenta uma avitaminose, que provocou as seguintes doenças: xeroftalmia e não coagulação do sangue. As vitaminas que deve tomar são, respectivamente:

a) A e B<sub>1</sub>

d) A e D

b) B<sub>2</sub> e B<sub>12</sub>

e) A e K

c) B<sub>12</sub> e C

12. Fragilidade óssea, falta de apetite, irritabilidade, ressecamento e descamação da pele e perda de cabelos são sintomas que caracterizam:

a) carência de vitamina A

d) excesso de vitamina D

b) excesso de vitamina A

e) falta de vitamina K

c) falta de vitamina D

13. (FAAP) – A falta de vitamina D na alimentação provoca:

a) Raquitismo

d) Leucemia

b) Cegueira noturna

e) Escorbuto

c) Idiotismo



14. Alexandre é uma criança que não gosta de leite, ovos, óleo de fígado de bacalhau, mas adora brincar no sol. A probabilidade dessa criança apresentar sintomas de avitaminose D não é grande, porque:
- a) come muitos doces e o açúcar encontrado neles transforma-se na vitamina D
  - b) os raios solares produzem a vitamina D, por isso o raquitismo não é comum em regiões tropicais
  - c) se alimenta de cereais integrais (trigo, arroz, aveia), em cuja casca há muita vitamina D
  - d) uma pró-vitamina existente na sua pele transforma-se em vitamina D, sob a ação dos raios ultravioletas do sol
  - e) como come cenoura, a pró-vitamina existente nesse vegetal, sob ação dos raios solares, transforma-se em vitamina D
15. (FMU) – Em nossa cidade, você nunca encontrou, provavelmente, uma pessoa raquítica; isto se deve ao fato de que:
- a) a alimentação do nosso povo é rica em carboidratos que previnem a doença
  - b) na alimentação do brasileiro não faltam frutas cítricas que fornecem a vitamina anti-raquítica
  - c) a poluição atmosférica ainda não atingiu, em São Paulo, níveis capazes de causar esta anomalia
  - d) a intensidade da radiação solar é de tal forma alta, no Brasil, que assegura produção de vitamina anti-raquítica, em quantidade compatível com a saúde perfeita
  - e) a constituição genética do povo brasileiro torna-o imune ao raquitismo
16. (MAD) – Vitamina K relaciona-se com a (o):
- a) maturação dos glóbulos vermelhos
  - b) coagulação sangüínea
  - c) esterilidade
  - d) raquitismo
17. (CESCEA) – Os sintomas que caracterizam o quadro clínico do beribéri são:
- a) opacidade da córnea e falta de adaptação à visão em região mal iluminada
  - b) paralisia das extremidades devido à inflamação generalizada dos nervos, dilatação do coração e edema
  - c) enfraquecimento da parede endotelial dos capilares sangüíneos, originando hemorragias
  - d) presença de ossos moles e deformáveis devido à absorção defeituosa de cálcio e fósforo
18. (FUVEST) – O escorbuto era uma doença comum nas longas viagens marítimas nos séculos passados. Caracteriza-se por hemorragias nas mucosas, sob a pele e nas articulações. Seu aparecimento é decorrente da falta de vitamina:
- a) A
  - b) B
  - c) C
  - d) D
  - e) K



# Membranas Celulares

As células são separadas do meio externo por membranas. Estas podem ser de dois tipos: a plasmática e as de revestimento.

A membrana plasmática é viva e encontrada em todas as células. As membranas de revestimento são mortas e entre elas destaca-se a membrana de celulose encontrada exclusivamente em células vegetais.

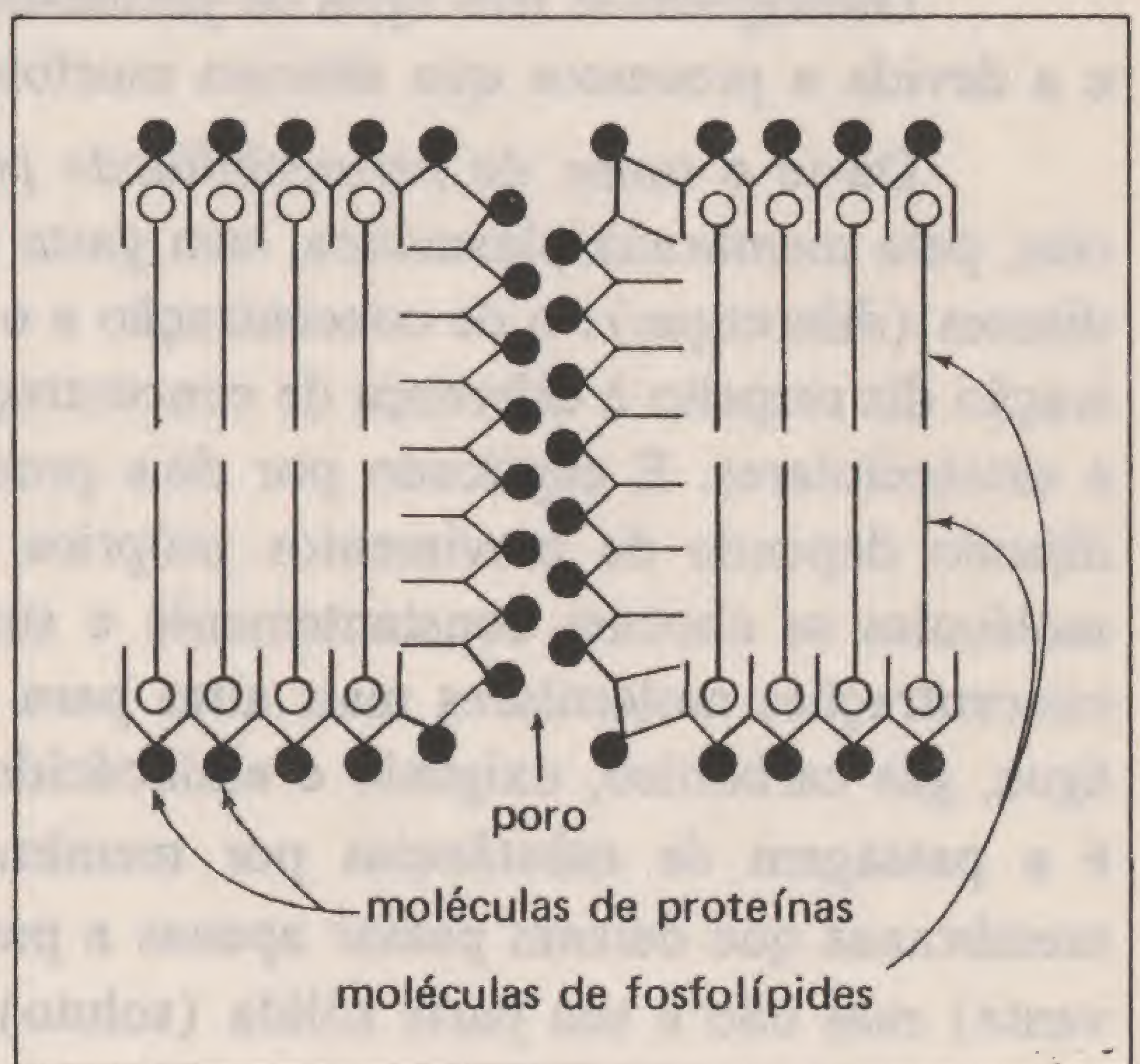
## 1. Membrana plasmática

A membrana plasmática, plasmalema, ou ainda membrana citoplasmática, é encontrada em todas as células. É viva, elástica e tem a espessura de 75 Å, sendo por isso visível apenas ao microscópio eletrônico. Pode regenerar-se quando lesada desde que na presença de íons cálcio.

Sua composição química é *lipoprotéica*. Segundo Dawson e Danielli, a membrana plasmática é constituída por uma camada bimolecular de lipídios cujos pólos hidrófobos (sem afinidade pela água) se confrontam e cujos pólos hidrófilos (com afinidade pela água) são recobertos por proteínas.

A membrana plasmática apresenta em algumas células especializações para melhor executar suas funções. É o caso das *microvilosidades*, evaginações com a forma de dedo de luva, que se encontram no bordo livre de células com função de absorção. As células do epitélio intestinal apresentam microvilosidades que aumentam a sua área de absorção.

Entre as células epiteliais há especializações de contato que visam aumentar



Modelo de Dawson e Danielli



a aderência entre as células. São os *desmosomos*, alargamentos do espaço intercelular que é então preenchido por materiais intercelulares mais densos, o que aumenta a aderência entre as células.

## Funções

A membrana plasmática protege a célula e impede o extravasamento do citoplasma. É ainda através dela que ocorre o intercâmbio de substâncias entre as células e o meio externo. Note-se que, em consequência da membrana separar a célula do meio externo, surge uma diferença de composição entre os meios intra e extracelular. O meio extracelular, por exemplo, apresenta maiores concentrações de íons sódio e cloro. Já no meio intracelular a concentração de íons potássio e de ânions orgânicos é mais elevada que no meio extracelular.

Dá-se o nome de *permeabilidade celular* à passagem de substâncias pela membrana plasmática. A membrana é dotada de seletividade, ou seja, é capaz de selecionar qualitativa e quantitativamente os materiais que entram e saem na célula. Além disso, possui poros que permitem a passagem de materiais.

## A permeabilidade

Distinguem-se três tipos de permeabilidade celular: a passiva, a ativa e a devida a processos que alteram morfológicamente a membrana.

Dá-se o nome de *permeabilidade passiva* ao transporte de substâncias, pela membrana plasmática, sem gasto de energia. É devida a dois gradientes (diferenças): o de concentração e o elétrico. O gradiente de concentração diz respeito à diferença de concentração existente entre os meios intra e extracelulares. É explicado por dois processos, a difusão e a osmose. A *difusão* depende de movimentos próprios que as moléculas possuem. As moléculas se chocam constantemente e surge um movimento dirigido das concentrações moleculares mais altas para as mais baixas. O transporte de água, gás carbônico, oxigênio e aminoácidos se faz por difusão. A *osmose* é a passagem de substâncias por membranas semipermeáveis. Estas são membranas que deixam passar apenas a parte líquida de uma solução (solvente) mas não a sua parte sólida (soluto). Como a membrana plasmática separa dois meios de concentrações diferentes (intra e extracelulares) ocorre um movimento osmótico de solvente que sempre se estabelece do meio de menor concentração para o meio de maior concentração.



O *gradiente elétrico* refere-se ao transporte passivo de íons. A existência no interior da célula de ânions que, em razão do seu tamanho, não se difundem pela membrana, faz com que íons capazes de atravessá-la cheguem a um equilíbrio no qual um mesmo íon pode apresentar-se em concentrações diferentes nos meios intra e extracelulares.

A *permeabilidade ativa* é aquela em que o transporte de substâncias envolve consumo de energia. Nesse caso, o transporte sempre ocorre contra o gradiente de concentração. Um exemplo é o da chamada “bomba de sódio”. O íon sódio é mais concentrado no meio extracelular. Para manter esta situação, a célula deve jogá-lo continuamente para fora (bombeá-la), lutando assim contra o gradiente de concentração, no que gasta energia.

Os *processos que alteram morfológicamente a membrana* são a endocitose e a exocitose. *Endocitose* é a captura de substâncias pela célula. São tipos de endocitose a fagocitose e a pinocitose. *Fagocitose* é o englobamento pela célula de partículas de grande tamanho. Ocorre em células isoladas, como protozoários e glóbulos brancos, e serve à nutrição e defesa. A *pinocitose* é o englobamento de partículas líquidas e pode ser observada em protozoários como as amebas. A *exocitose* é o processo pelo qual os produtos envolvidos por membrana são liberados através da membrana plasmática.

## 2. Membrana de celulose

A membrana de celulose, também chamada parede celular, é encontrada exclusivamente em células vegetais. É morta e, graças à sua espessura (da ordem de  $5\mu$ ), confere grande proteção às células. É constituída por um açúcar, a celulose, sintetizado pelas próprias células a partir de resíduos de  $\beta$ -D-glicose.

Estruturalmente é formada por filamentos denominados fibrilas. Estas são formadas por unidades menores, as microfibrilas, que por sua vez são formadas por unidades ainda menores, as micelas. Cada micela é constituída por moléculas de celulose e esta da reunião de  $\beta$ -D-glicose.

Nas células vegetais jovens há a chamada membrana celulósica primária. É delgada e permite o crescimento celular. Nas células vegetais adultas a parede celular é mais espessa graças ao depósito, internamente, de uma outra membrana celulósica, a secundária. Esta é formada por celulose e outras substâncias como pectina, suberina, lignina etc. A membrana celulósica secundária só se deposita sobre a primária. Por isso mantém-se a existência de poros ou pontuações que permitem o estabelecimento



de pontes citoplasmáticas entre células vizinhas. Estas pontes recebem o nome de *plasmodesmos*.

### 3. Exercícios

1. (Ouro Preto) A celulose  $(C_6H_{10}O_5)_n$  é um hidrato de carbono que entra na constituição:
  - a) da clorofila.
  - b) da membrana celular dos vegetais.
  - c) das células adiposas.
  - d) do citoplasma celular dos animais.
  - e) das hemácias.
2. (CESCEM) O termo permeabilidade seletiva geralmente é utilizado para descrever propriedades da membrana
  - a) celulósica.
  - b) celular.
  - c) nuclear.
  - d) dos mitocôndrios.
  - e) dos cloroplastos.
3. (Fund. Carlos Chagas) Em células que realizam transporte ativo, espera-se encontrar:
  - a) grande número de fibrilas contráteis.
  - b) núcleo em divisão.
  - c) retículo plasmático desenvolvido.
  - d) grande número de mitocôndrios.
  - e) membrana celular espessa.
4. (CESESP/PE) O transporte de substâncias através de membranas, contra um gradiente eletroquímico, é denominado:
  - a) transporte passivo mediado.
  - b) difusão.
  - c) osmose.
  - d) transporte ativo.
  - e) transporte passivo.
5. (Med. Catanduva) Os desmossomas são estruturas ligadas a:
  - a) condução de estímulos de célula a célula.
  - b) troca de nutrientes entre células.
  - c) coesão de paredes celulares.
  - d) relação nucleocitoplasmática.
  - e) retículo endoplasmático granular.
6. (PUCSP) — As microvilosidades presentes nas células do epitélio intestinal tem a função de:
  - a) aumentar a aderência entre uma célula e outra
  - b) produzir grande quantidade de ATP, necessária ao intenso metabolismo celular
  - c) sintetizar enzimas digestivas
  - d) secretar muco
  - e) aumentar a superfície de absorção
7. (PUCC) — Sabe-se que células epiteliais acham-se fortemente unidas, sendo necessária uma força considerável para separá-las. Isto se deve à ação:
  - a) do ATP que se prende às membranas plasmáticas das células vizinhas
  - b) da substância intercelular
  - c) dos desmossomos
  - d) dos centríolos
  - e) n.d.a.

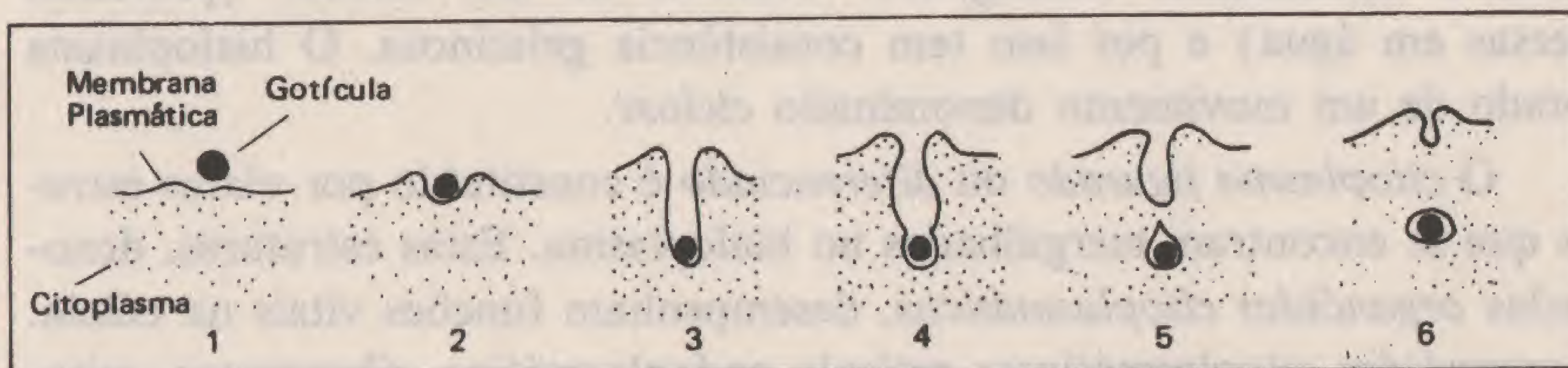


8. A membrana celulósica de uma célula vegetal tem como principal função:
- a) proteger o citoplasma impedindo a entrada de água e substâncias tóxicas à célula
  - b) impedir a saída de água e clorofila da célula
  - c) englobar partículas sólidas por um processo denominado fagocitose
  - d) regular a absorção de água e a absorção de nutrientes minerais
  - e) impermeabilizar a célula, impedindo a entrada ou saída de qualquer substância

9. (PUCC) – Dá-se o nome de *plasmodesmos*

- a) às ligações citoplasmáticas de células suberificadas
- b) a um tipo de ligação da membrana celulósica
- c) aos poros da membrana
- d) as alternativas anteriores (a, b e c) não são corretas
- e) n.d.a.

10. (PUC) A seqüência dos desenhos abaixo representa o fenômeno da



- a) fagocitose
  - b) clasmocitose
  - c) ciclose
  - d) pinocitose
  - e) glicólise
11. (FESP) – É uma característica do transporte ativo:
- a) ser um processo igual a osmose em todos os aspectos;
  - b) só ocorrer quando a célula estiver em meio isotônico;
  - c) se processar sem gasto de energia;
  - d) ocorrer sempre em direção ao gradiente de concentração;
  - e) contrariar a tendência natural da difusão.
12. (U. Taubaté) Citar a composição química e as funções da membrana plasmática.
13. (F. Camilo Castelo Branco) As membranas celulares apresentam certas modificações, dependendo do local em que as células se encontram. A alternativa que representa corretamente uma especialização de membrana é:
- a) Microvilosidades têm por função auxiliar no processo de defesa celular, bem como na elaboração de anti-corpos.
  - b) Desmossomos estão presentes na membrana celular para facilitar as trocas da célula com o meio.
  - c) Cílios têm por função básica aumentar a velocidade celular nos processos de micropinocitose.
  - d) Microvilosidades irão aumentar a superfície celular facilitando o contacto com o material a ser digerido.
  - e) Todas as alternativas acima estão corretas.



# O Citoplasma

## 1. Introdução

O citoplasma é uma massa granulosa que ocupa quase toda a cavidade celular. É toda a matéria contida na célula, exceção feita aos componentes nucleares. Estruturalmente divide-se em duas partes: a fundamental e a figurada.

O *citoplasma fundamental*, também denominado *matriz* ou *hialoplasma*, é opticamente homogêneo. Trata-se de um colóide (proteínas dispersas em água) e por isso tem consistência gelatinosa. O hialoplasma é dotado de um movimento denominado *ciclose*.

O *citoplasma figurado* ou *diferenciado* é constituído por várias estruturas que se encontram mergulhadas no hialoplasma. Estas estruturas, denominadas *organóides citoplasmáticos*, desempenham funções vitais na célula. São organóides citoplasmáticos: retículo endoplasmático, ribossomos, mitocôndrias, complexo de Golgi, lisossomos, centríolos, vacúolos e plastos.

## 2. Retículo endoplasmático

Denomina-se retículo endoplasmático a um conjunto de cavidades limitadas por membranas que se interligam entre si formando uma rede de canalículos. Estes canalículos colocam em contato as várias partes da célula.

Ao microscópio eletrônico distinguem-se dois tipos de retículo endoplasmático: o rugoso e o liso. O *rugoso* apresenta-se com aspecto granular. Ligados à face externa de suas membranas há grânulos denominados *ribossomos*. À associação entre retículo endoplasmático e ribossomos dá-se o nome de *ergastoplasma*. O retículo rugoso relaciona-se com a síntese de proteínas.

O *retículo endoplasmático liso* tem membranas lisas, ou seja, não apresenta ribossomos ligados. Suas funções são o aumento da superfície intracelular, o transporte e distribuição de substâncias na célula através da rede de canalículos e a síntese de esteróides. Esteróides são, como vimos, lipídios tais como o colesterol e os hormônios sexuais.

## 3. Ribossomos

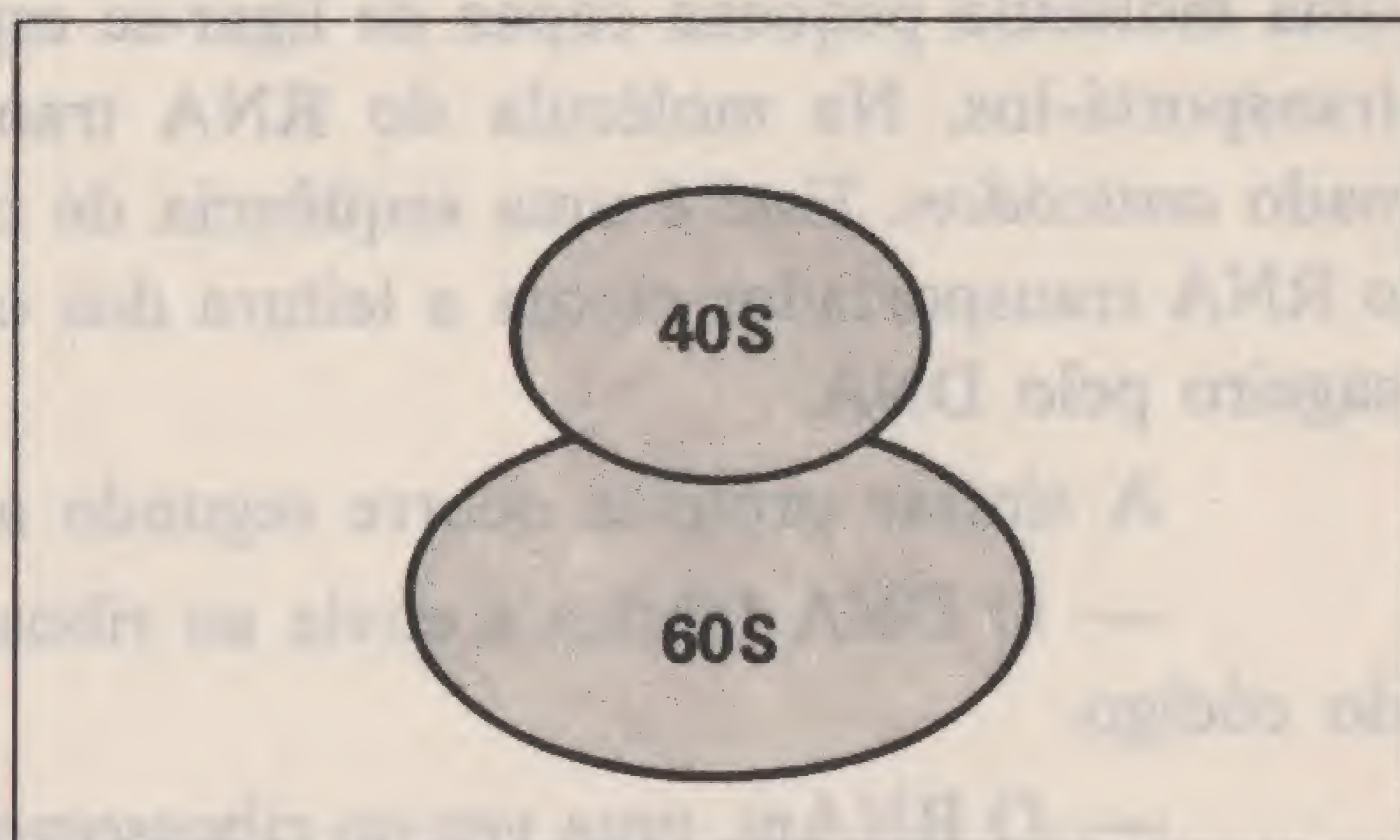
São organóides citoplasmáticos em geral associados às membranas



do retículo endoplasmático. Podem também ser encontrados livres no citoplasma, isolados ou formando cordões denominados polissomos.

Quimicamente são formados por RNA e proteínas. O RNA ribossômico é sintetizado a partir de uma região existente em alguns cromossomos, a Zona SAT (satélite).

Os ribossomos apresentam forma esférica com cerca de 150 Å de diâmetro. Estruturalmente, mostram-se constituídos por duas subunidades. Estas têm a forma globular e são designadas pelo seu coeficiente de segmentação medido por ultracentrifugação, expresso em unidades S (Sevdeberg).



O ribossomo

Assim é que nas células em geral os ribossomos têm o coeficiente de sedimentação 80S e são constituídos por duas subunidades: a 40S e a 60S.

A função dos ribossomos é a síntese de proteínas que passamos a analisar.

#### 4. Síntese de proteínas

A síntese de proteínas ocorre nos ribossomos. É controlada pelo DNA que se encontra no núcleo das células. Como a síntese ocorre no citoplasma e o DNA não sai do núcleo, o processo envolve duas substâncias: o RNA mensageiro e o RNA transportador pelas quais o DNA exerce seu controle.

O *RNA mensageiro* (RNAm) é fabricado pelo DNA, sendo complementar deste. Sua síntese, denominada *transcrição*, é feita a partir de uma das cadeias do DNA que lhe serve de molde. O DNA possui informações codificadas que são transcritas ao RNA mensageiro e que determinam, ao nível dos ribossomos, a escolha dos aminoácidos que formarão as proteínas.

As informações estão codificadas no DNA sob a forma de palavras de três nucleotídeos denominados *códons*. Cada códon é transcrito ao RNA mensageiro e determinará a escolha de um certo aminoácido no citoplasma.



Assim, por exemplo, o códon AAA do DNA é transcrito ao RNA mensageiro que apresenta UUU e o aminoácido utilizado é a fenilalanina; o códon CCG do DNA é transcrito ao RNA mensageiro que apresenta GGC e isso determina a utilização do aminoácido glicina.

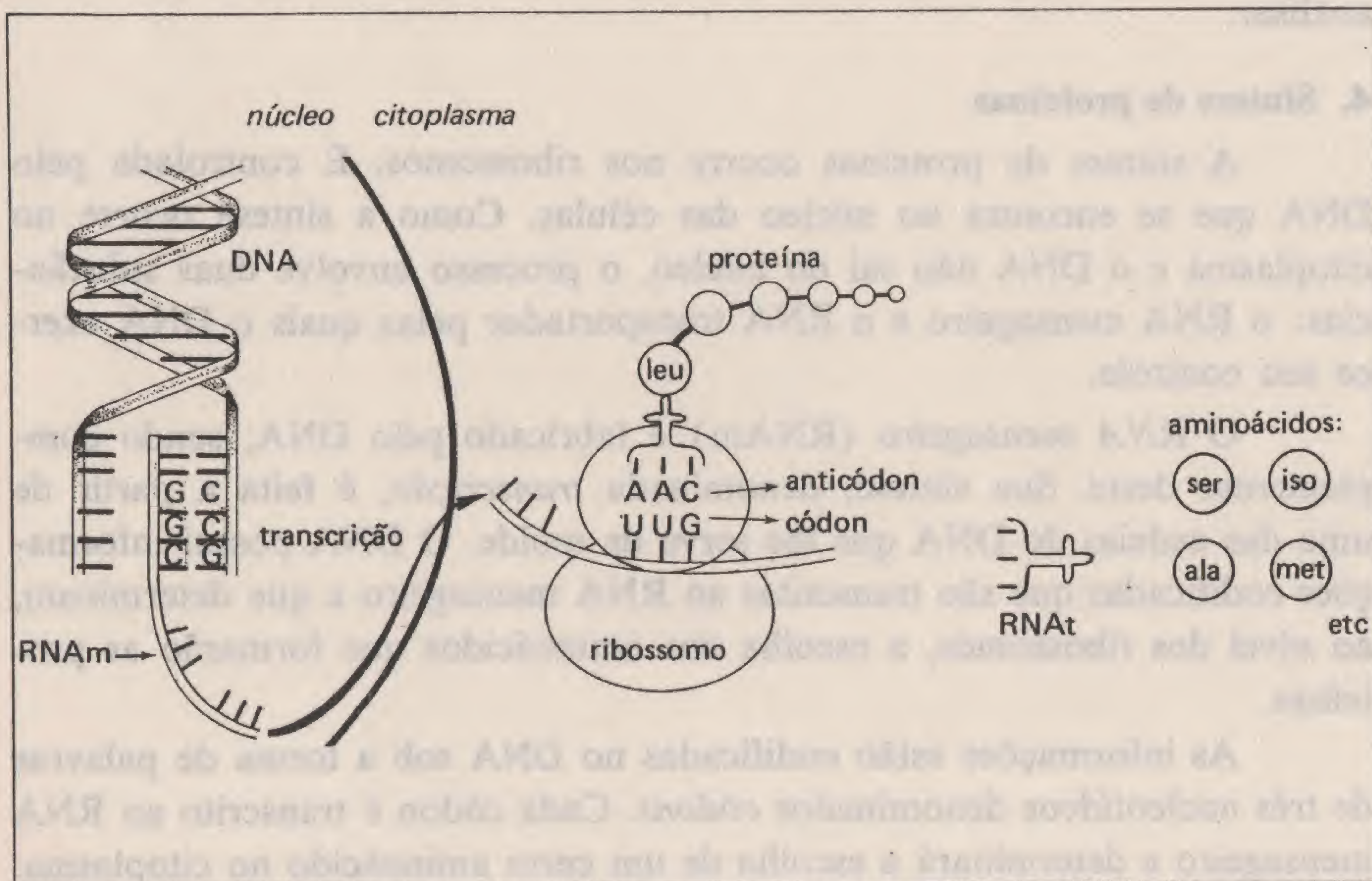
O *RNA transportador* (RNA<sub>t</sub>) é também fabricado pelo DNA. É uma molécula pequena capaz de ligar-se especificamente aos aminoácidos e transportá-los. Na molécula do RNA transportador há um sítio denominado *anticódon*. Este é uma sequência de três nucleotídeos através da qual o RNA transportador efetua a leitura dos códons transcritos ao RNA mensageiro pelo DNA.

A síntese protéica ocorre segundo a seguinte sequência de eventos:

— O DNA fabrica e envia ao ribossomo o RNAm. É a transcrição do código.

— O RNAm, uma vez no ribossomo, expõe os códons para a síntese de proteínas. O ribossomo passa pelo RNAm tornando possível a leitura do código pelo RNA<sub>t</sub>.

O RNA<sub>t</sub> liga-se ao aminoácido para o qual é específico e dirige-se ao ribossomo. Aí chegando, por meio de seus anticódon, efetua a leitura do códon do RNAm. A leitura é feita pelo pareamento das bases do anticódon com as do códon. Quando o pareamento é feito o aminoácido é incorporado à molécula de proteína em formação.





Dá-se o nome de *tradução* à síntese da proteína no ribossomo. Vários ribossomos passam pelo RNAm possibilitando a leitura dos códons. Como os ribossomos estão lado a lado formando polissomos, um só filamento de RNAm é responsável pela formação de várias cadeias protéicas.

O esquema anterior ilustra o processo. O códon UUG do RNAm programa a inclusão do aminoácido leucina na molécula protéica em formação. O RNAt da leucina possui o anticódon AAC. Efetuando-se o pareamento entre códon e anticódon adequados, a leucina é incorporada à molécula protéica.

## 5. Exercícios

1. (CESGRANRIO) Uma célula jovem cresce às custas de proteínas por ela sintetizadas. Estas proteínas são sintetizadas:
  - a) no retículo endoplasmático liso.
  - b) na superfície externa do retículo endoplasmático rugoso.
  - c) no interior do retículo endoplasmático rugoso.
  - d) no complexo de Golgi.
  - e) nos ribossomos livres no citoplasma.

2. (Fund. Carlos Chagas) Considere as seguintes etapas da síntese de proteínas:
  - I. A mensagem contida no DNA é transmitida ao RNA mensageiro.
  - II. A mensagem contida no RNA é recebida pelos ribossomos e usada na ordenação dos aminoácidos.

As etapas acima correspondem, respectivamente, aos processos de

- a) transcrição e tradução.
  - b) tradução e transcrição.
  - c) duplicação e transcrição.
  - d) transcrição e duplicação.
  - e) duplicação e tradução.
3. (CESCEA) A síntese de proteínas depende de:
    - a) aminoácidos, enzimas, ribossomos, RNA mensageiro e transferidor.
    - b) aminoácidos, enzimas, mitocôndrios, RNA mensageiro e transferidor.
    - c) aminoácidos, enzimas, nucléolos, RNA mensageiro e transferidor.
    - d) peptídeos curtos, enzimas, ribossomos, RNA mensageiro e transferidor.
    - e) peptídeos, enzimas, mitocôndrios, RNA mensageiro e transferidor.
  4. (CESESP/PE) "Anticódon", sequência de três bases, corresponde a uma particular região da molécula do (a):
    - a) ARN<sub>m</sub>
    - b) ARN<sub>t</sub>
    - c) ARN<sub>r</sub>
    - d) ADN
    - e) ribose
  5. (CESCEA) Na síntese de proteínas, o RNA mensageiro tem por função:
    - a) levar aminoácidos do núcleo ao ribossomo.



- b) levar proteínas dispersas no citoplasma ao ribossomo.
  - c) levar do núcleo aos ribossomos o padrão de orientação para a síntese.
  - d) levar aminoácidos ao RNA de transferência.
  - e) levar aminoácidos do ribossomo ao núcleo.
6. Quantos nucleotídeos apresenta a molécula de RNAm capaz de codificar a síntese de uma molécula protéica constituída por 300 aminoácidos?
- a) 100
  - b) 300
  - c) 900
  - d) 600
  - e) 200

(UFBA) Responda de acordo com o seguinte código a questão 7.

- a) apenas a afirmativa I é correta
  - b) apenas a afirmativa III é correta
  - c) apenas as afirmativas I e III são corretas
  - d) apenas as afirmativas II e III são corretas
  - e) as afirmativas I, II e III são corretas
7. I – As moléculas do RNA mensageiro, ao nível dos polirribossomos, atuam como modelos que determinam a seqüência em que os aminoácidos devem ser interligados para formar as cadeias de proteínas.  
 II – A informação genética é codificada na seqüência de nucleotídeos que compõem a molécula do DNA.  
 III – Os nucleotídeos, ligados por pontes de hidrogênio na dupla cadeia de DNA, nunca são idênticos, mas especificamente complementares.
8. (PUCSP) – O elemento que identifica a posição de cada aminoácido indicado pelo RNA mensageiro, na formação da cadeia polipeptídica é:
- a) o RNA transportador
  - b) o ribossomo
  - c) o DNA
  - d) a enzima
  - e) polirribossomo
9. (Med. Itajubá) – Estão abaixo relacionadas algumas palavras chaves do código genético:

<u>DNA</u>	<u>aminoácido</u>		
AAA	—	fenilalanina	ATT — lisina
ACC	—	glicina	ATG — histidina
AGC	—	arginina	AAG — serina

Se um determinado polipeptídeo tivesse em sua seqüência: lisina-serina-glicina-arginina, os RNA transportadores responsáveis por essa seqüência seriam:

- a) UAA – UUC – UGG – UCG
  - b) ATT – AAG – AGG – AGG
  - c) AUU – AAG – ACC – AGC
  - d) TAA – TTC – TGG – TCG
  - e) UUU – UGG – UUC – UCC
10. (FUVEST) – A seqüência de aminoácidos de uma proteína é determinada pela seqüência de:
- a) pentoses da molécula de DNA
  - b) pentoses da molécula de RNA mensageiro
  - c) bases da molécula de DNA
  - d) bases da molécula de RNA transportador
  - e) bases da molécula de RNA ribossômico



# *Golgi, Lisossomos e Mitocôndrias*

---

## **1. Complexo de Golgi**

É um organóide citoplasmático encontrado em todas as células, exceto em bactérias e algas azuis. Nas células vegetais inferiores apresenta o aspecto de pequenas escamas isoladas, sendo então denominado *dictiosomo*.

Estruturalmente apresenta-se formado por membranas lipoprotéicas que limitam pilhas de cinco a trinta sáculos (cisternas) achatados. Os sáculos delimitam cavidades e de suas bordas brotam vesículas que podem conter em seu interior enzimas, hormônios ou secreções exócrinas, dependendo da função celular.

O complexo de Golgi parece originar-se a partir do retículo endoplasmático.

Suas funções em geral relacionam-se à sua capacidade de armazenar substâncias e depois lançá-las ao meio externo por brotamento de vesículas.

São funções do complexo de Golgi: armazenamento de secreções celulares; formação do acrossomo do espermatozóide. O acrossomo é uma vesícula localizada na cabeça do espermatozóide, formada por fusão de pequenas vesículas brotadas do complexo de Golgi; formação da membrana esquelética em células vegetais graças ao brotamento de vesículas como açúcar pectina em seu interior, e síntese de poli-holosídeos, açúcares que junto a proteínas formam muco, líquido protetor de mucosas.

## **2. Lisossomos**

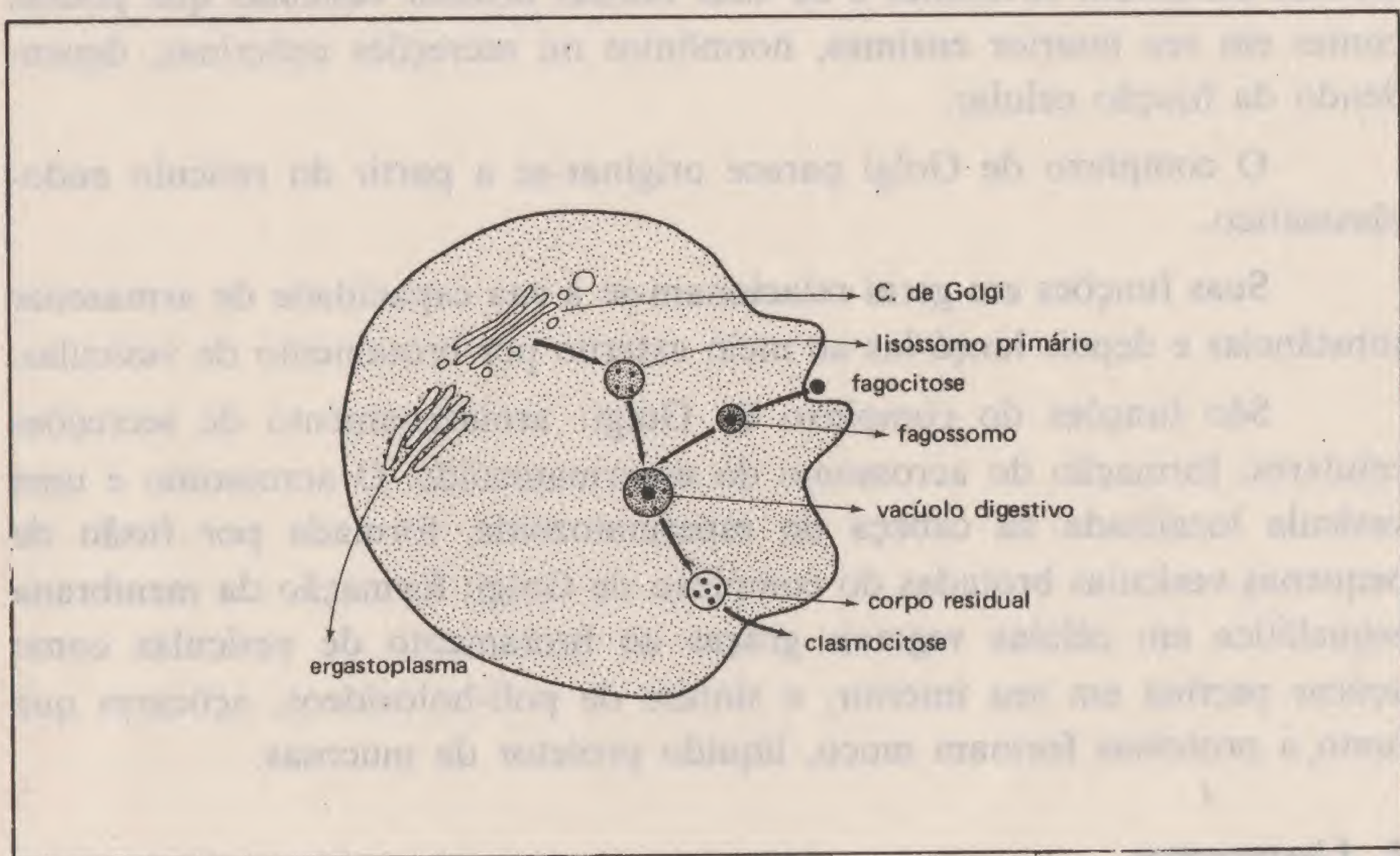
Lisossomos são pequenas vesículas limitadas por membranas. Em seu interior encontram-se numerosas enzimas. Originam-se a partir do complexo de Golgi por brotamento de vesículas contendo enzimas no seu interior.

A função dos lisossomos é a digestão intracelular. O material a ser digerido pode ter origem intra ou extracelular. O material vindo do meio extracelular entra na célula por fagocitose ou pinocitose. As partículas ingeridas por fagocitose são, no interior da célula, envolvidas por membrana



formando-se uma vesícula, o fagossomo (no caso de pinocitose forma-se o pinossomo).

As enzimas celulares são produzidas no ergastoplasma. Transportadas pelo retículo endoplasmático chegam ao complexo de Golgi. Deste brotam vesículas contendo enzimas no seu interior: são os *lisossomos primários*. Estes ligam-se ao fagossomo (ou pinossomo) formando-se o *vacúolo digestivo*, ou *heterofagossomo*, onde há digestão do material ingerido. Após a digestão há a formação de produtos de pequeno peso molecular que atravessam a membrana lisossômica e são incorporados à célula. Se a digestão é incompleta formam-se corpos residuais que são eliminados para o meio externo por clasmocitose. Quando o material digerido provém do meio intracelular fala-se em autofagossomo ou vacúolo autofágico.



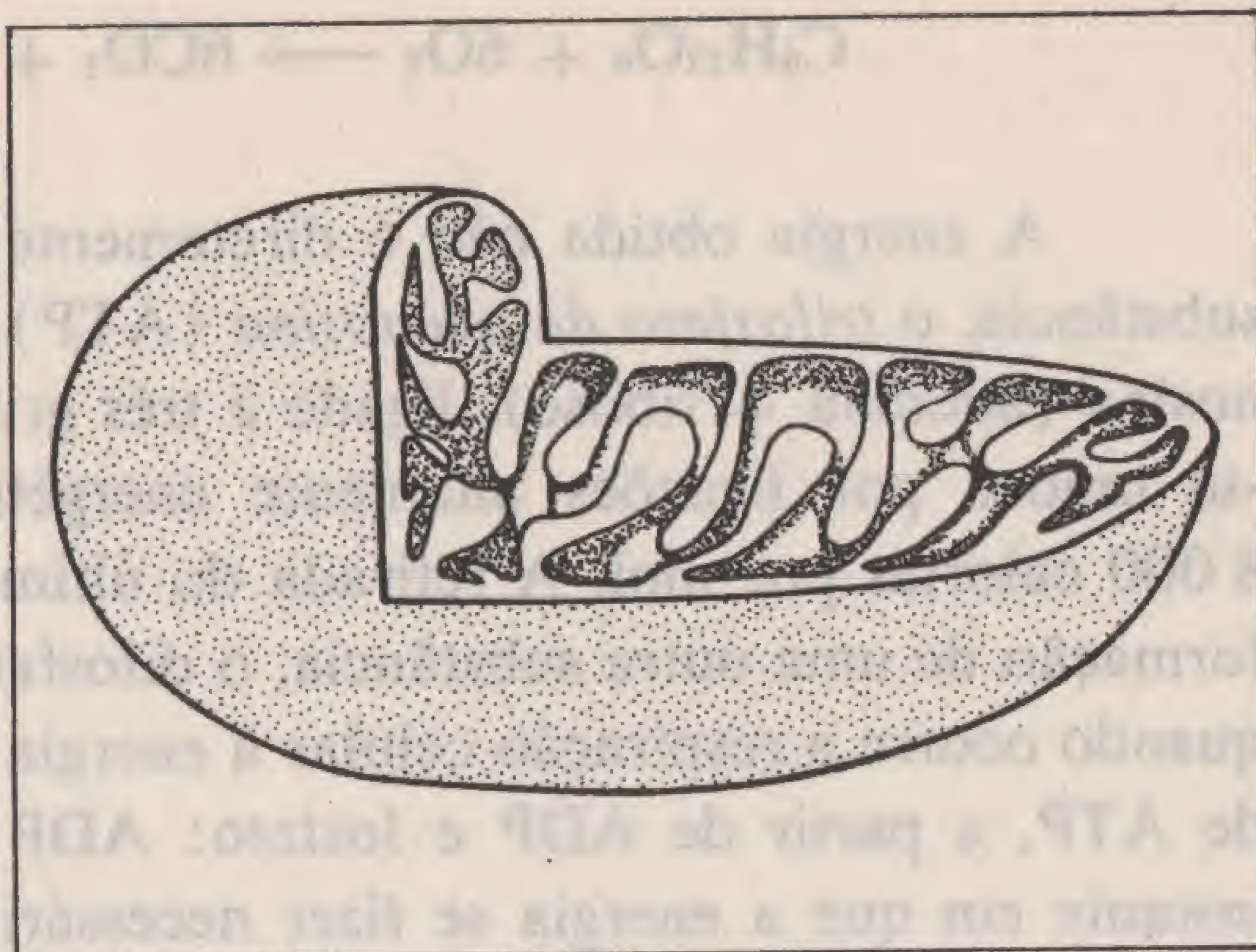
Digestão intracelular

### 3. Mitocôndrias

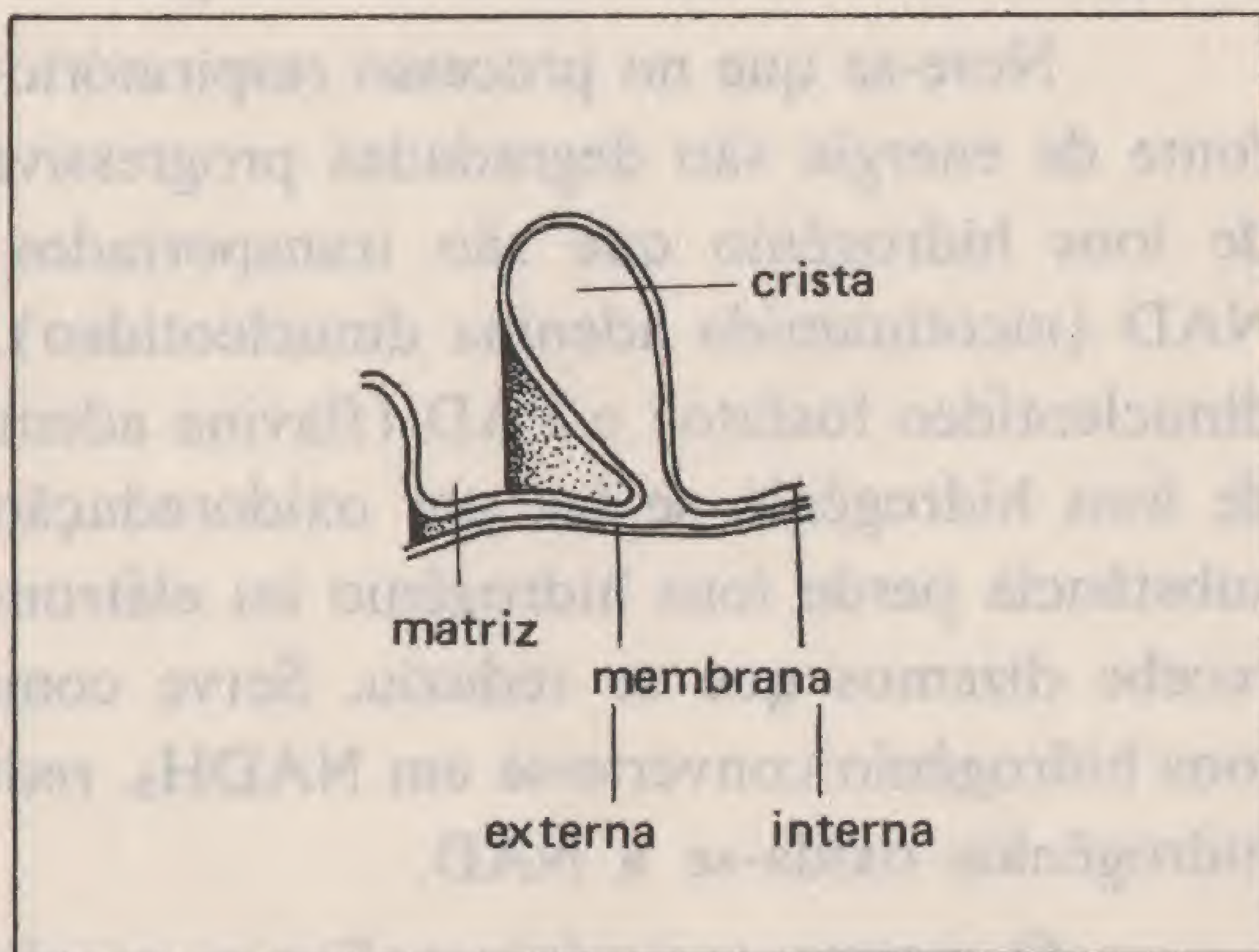
Mitocôndrias são organóides citoplasmáticos encontrados nas células em geral, exceto nas bactérias e algas azuis. Ao conjunto de mitocôndrias de uma célula denomina-se *condrioma*. Verifica-se que quanto maior a atividade celular maior o número de mitocôndrias que apresenta.



As mitocôndrias têm a forma de bastonete ou esférica. Ao microscópio eletrônico mostram-se constituídas por duas membranas de 75 Å de espessura, a externa e a interna separadas por um espaço de 100 Å. A membrana interna invagina-se para o interior da mitocôndria, formando pregas denominadas cristas mitocondriais. Delimitada pela membrana interna, encontra-se no interior da mitocôndria uma região chamada *matriz mitocondrial*. Na matriz podem ser evidenciados grãos com 500 Å de diâmetro. Ao lado da matriz, a membrana interna é recoberta por partículas de 85 Å, as chamadas *partículas elementares*. Estas se encontram presas à membrana interna por um pedúnculo.



A mitocôndria

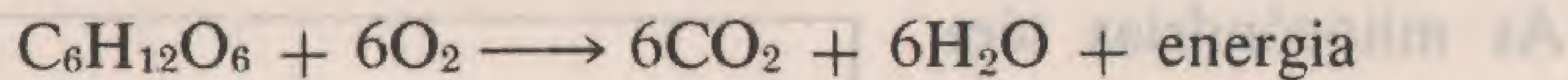


Mitocôndrias (detalhe)

Quimicamente, as mitocôndrias são constituídas por água, proteínas, lipídios, nucleotídeos e íons. Há também DNA, RNA e ribossomos. Os nucleotídeos são ATP, ADP e coenzimas aceptoras de hidrogênio (NAD, FAD e NADP).

As mitocôndrias têm por função a *respiração celular*. Respiração celular é o processo de obtenção de energia pela célula. A energia necessária aos processos vitais é obtida a partir de glicídeos, proteínas e lipídios. Os glicídeos são contudo a principal fonte energética, sendo a glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ) o mais utilizado entre eles. As células obtêm energia quebrando as moléculas de glicose em gás carbônico e água, havendo conseqüente liberação energética:





A energia obtida não é diretamente utilizada. É armazenada numa substância, o *trifosfato de adenosina* (ATP), formada pelo nucleosídeo adenosina (adenina + ribose), ligado a três grupos fosfatos. Estes apresentam-se unidos por ligações altamente energéticas, equivalentes cada uma a 8 000 calorias por mol. A retirada do último grupo fosfato do ATP leva à formação de uma outra substância, o difosfato de adenosina (ADP). Assim, quando ocorre a respiração celular a energia liberada é utilizada para síntese de ATP, a partir de ADP e fosfato:  $\text{ADP} + \text{P} + \text{energia} \rightarrow \text{ATP}$ . No instante em que a energia se fizer necessária aos processos vitais ocorre o inverso, ou seja, o ATP se quebra em ADP e fosfato, havendo liberação de energia:  $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P} + \text{energia}$ .

Note-se que no processo respiratório as moléculas que servem como fonte de energia são degradadas progressivamente. Há, por isso, liberação de íons hidrogênio que são transportados por *aceptores de hidrogênio*: NAD (nicotinamida adenina dinucleotídeo), NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato) e FAD (flavina adenina dinucleotídeo). O transporte de íons hidrogênio se faz por oxidoredução. Neste processo, quando uma substância perde íons hidrogênio ou elétrons dizemos que se oxidou. Se os recebe dizemos que se reduziu. Serve como exemplo o NAD: se recebe íons hidrogênio converte-se em  $\text{NADH}_2$ , reduzindo-se. Se este perde os íons hidrogênios oxida-se a NAD.

O mesmo raciocínio aplica-se a substâncias capazes de transportar elétrons, os *citocromos*, que também participam do processo respiratório. Os citocromos possuem ferro. Quando recebem elétrons, o  $\text{Fe}^{3+}$  se reduz a  $\text{Fe}^{2+}$ . Se perdem elétrons, o  $\text{Fe}^{2+}$  se oxida a  $\text{Fe}^{3+}$ .

#### 4. Exercícios

1. (FMU) – Se parte do complexo de Golgi fosse retirada de uma célula, diminuiria a:

- a) síntese das proteínas.
- b) capacidade de digestão da célula.
- c) produção de grânulos de secreção.
- d) velocidade de formação do fuso durante a divisão celular.
- e) síntese de substâncias orgânicas a partir de inorgânicas.

2. (MAUÁ) – Explique o que são lisossomos e qual o seu papel.



3. (Med. Santos) – São funções dos lisossomos
- transporte de elétrons e oxidação fosforilativa.
  - digestão intracelular, reaproveitamento de componentes celulares.
  - síntese protéica, digestão intracelular.
  - síntese de polissacarídeos, conter enzimas do ciclo de Krebs.
  - segregação e transporte intracelular de determinados compostos orgânicos.
4. (ESAN) – A organela celular mitocôndria é responsável por:
- síntese de proteínas.
  - excreção celular.
  - síntese de glicogênio.
  - digestão intracelular.
  - respiração intracelular.
5. (CESCEM) – O aspecto comum do complexo de Golgi em células animais, deduzido através do microscópio eletrônico é:
- um complexo de membranas formando tubos anastomosados com dilatações em forma de disco.
  - vesículas formadas por uma dupla membrana, a interna sem granulações e com dobras voltadas para o interior.
  - vesículas formadas por dupla membrana em que a membrana interna, granulosa, emite prolongamentos em forma de dobras para o interior.
  - membranas granulosas delimitando vesículas e sacos achatados que se dispõem paralelamente.
  - membranas lisas delimitando vesículas e sacos achatados que se dispõem paralelamente.
6. (FUVEST) – Sabemos que quando substâncias estranhas às células são englobadas por elas, através de fenômenos de endocitose, essas substâncias poderão funcionar como alimentos. Se isso ocorrer, vai iniciar-se o ciclo de digestão intracelular, que envolve o aparecimento dos seguintes eventos, sucessivamente:
- fagossomo, vacúolo digestivo, corpo residual e defecação celular.
  - vacúolo digestivo, fagossomo, defecação celular e corpo residual.
  - endocitose, digestão intracelular, fagossomo e defecação celular.
  - vacúolo autofágico, ataque lisossômico e defecação celular.
  - digestão intracelular, acúmulo de reservas no Golgi e produção do fagossomo.

7. (PUCRS)



O esquema representa, resumidamente, o fenômeno:

- do ciclo lisossômico
- da fagocitose
- da diapedese
- da pinocitose
- da ciclose



8. (MAUÁ) – Explique o que são lisossomos e qual o seu papel.
9. (Fund. Carlos Chagas) – A tabela abaixo apresenta características de organelas celulares:

Composição Química da Membrana		Membrana Interna		Enzimas Presentes	
I	II	III	IV	V	VI
lipoprotéica	celulósica	com cristas	sem cristas	digestivas	sistema de fosforilação oxidativa

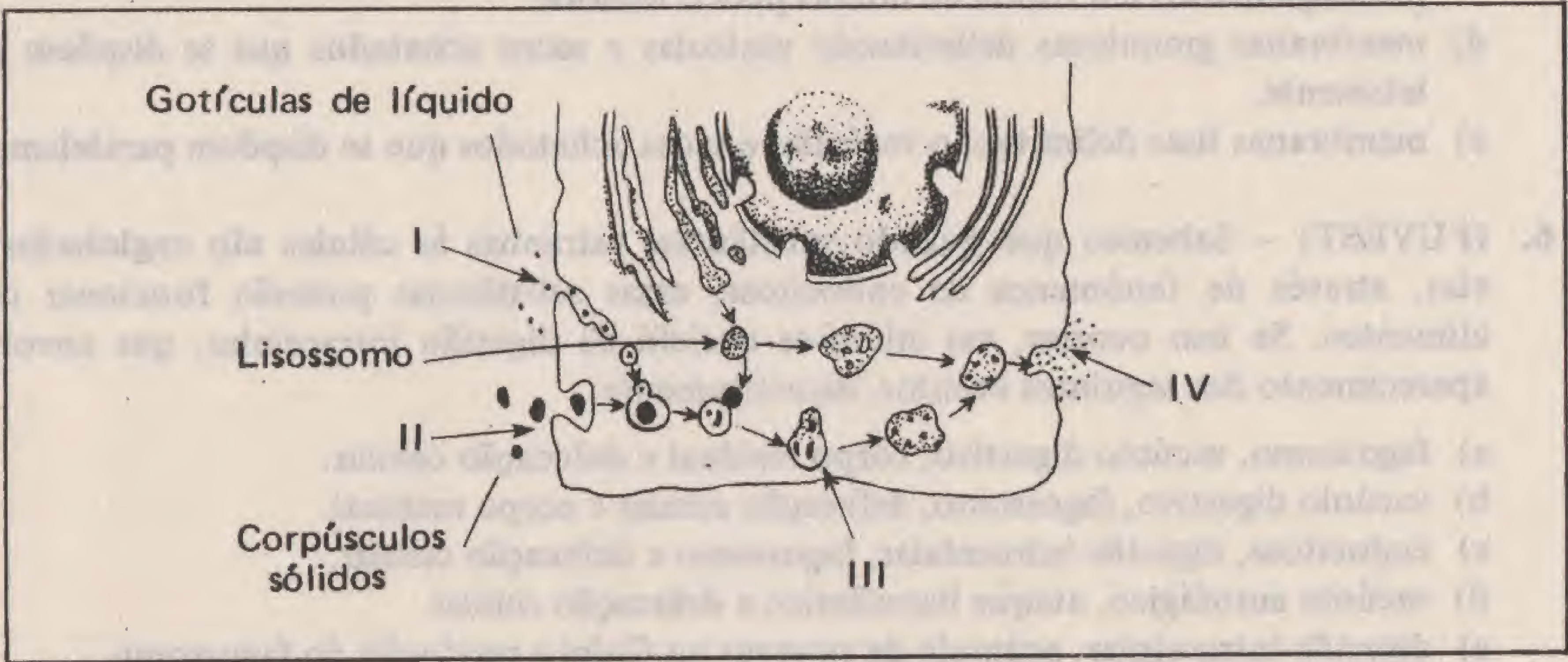
Caracterizam os lisossomos:

- a) I, III e V

b) I, III e VI

c) I, IV e V
- d) II, III e V

e) II, IV e VI
10. (FECAP) – O desenho abaixo representa esquematicamente os passos envolvidos na digestão intracelular pelos lisossomos de uma célula.



Os números I, II, III e IV representam, respectivamente:

- a) fagocitose, pinossomo, clasmocitose e fagossomo.

b) fagocitose, pinossomo, vacúolo digestivo e fagossomo.

c) pinocitose, clasmocitose, fagocitose e vacúolo digestivo.

d) pinocitose, fagocitose, vacúolo digestivo e clasmocitose.

e) fagocitose, fagossomo, pinocitose e pinossomo.
11. (Fund. Carlos Chagas) – Considere as seguintes funções atribuídas a uma organela celular:
- I – Produção de novas membranas.

II – Armazenagem de proteínas.

III – Formação do acrossomo do espermatozóide.
- Essa organela é designada como:
- a) complexo de Golgi

b) lisossomo

c) ergastoplasma

d) centrossomo



# Respiração Celular

Respiração celular é o processo de obtenção de energia pela célula. Compreende três fases: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória.

## 1. Glicólise

A glicólise ocorre no citoplasma fundamental. Trata-se da degradação da glicose, através de várias reações intermediárias, até a formação de ácido pirúvico.

É a fase anaeróbica da respiração. Inicia-se quando a glicose penetra na célula e recebe um fosfato, a partir do ATP, transformando-se em glicose-6-fosfato. Esta se transforma em frutose-6-fosfato (6 carbonos) que, ao receber um fosfato do ATP celular, transforma-se em frutose-1,6-difosfato. Até este instante foram gastos dois ATP pela célula.

Em seguida, a frutose-1,6-difosfato quebra-se em duas moléculas de 3 átomos de carbono, que após algumas reações resultarão em ácido pirúvico. Nessa quebra há liberação de energia e íons hidrogênio. A *energia* é suficiente para que se formem 2ATP a partir de cada ácido pirúvico formado. Há portanto na glicólise a produção total de 4 ATP. Como gastaram-se 2ATP na ativação do processo o lucro é de 2ATP. Os *íons hidrogênio* são aceitados pelo NAD que se reduz a  $\text{NADH}_2$ . Formam-se dois  $\text{NADH}_2$  que, na fase aeróbica, serão utilizados para obtenção de energia.

Se contudo não se seguir uma fase aeróbica o ácido pirúvico torna-se acceptor de hidrogênios e recebe-os do  $\text{NADH}_2$ . Este processo que só ocorre em condições anaeróbicas é denominado *fermentação*. A fermentação é semelhante à glicólise formando-se ácido pirúvico e havendo lucro de 2ATP. A diferença está no produto final obtido a partir do ácido pirúvico. Assim, nas células musculares, em condições de anaerobiose, o ácido pirúvico acepta hidrogênios do  $\text{NADH}_2$  e transforma-se em *ácido láctico*. Esta substância é responsável pela dor observada durante a fadiga muscular. Já os *lêvedos* convertem o ácido pirúvico em álcool etílico num processo denominado fermentação alcoólica. O *Saccharomyces cerevisiae* (lêvedo de cerveja), por exemplo, é utilizado na fabricação de bebidas fermentadas como o vinho e a cerveja.



## 2. Ciclo de Krebs

Ocorre no interior das mitocôndrias. O ácido pirúvico proveniente da degradação da glicose participa de um ciclo de reações onde há liberação de gás carbônico e íons hidrogênio.

Quando o ácido pirúvico penetra na mitocôndria tem início a fase aeróbica da respiração. De início perde gás carbônico e íons hidrogênio, estes utilizados para conversão de NAD em  $\text{NADH}_2$  (formam-se  $2\text{NADH}_2$ ).

Em seguida liga-se à coenzima A formando-se a acetilcoenzima A que possui dois carbonos (2C). A acetilcoenzima A é então oxidada durante o ciclo de reações que ocorre na matriz mitocondrial, o chamado ciclo de Krebs, ou oxalacético (4C) formando-se o ácido cítrico (6C). Este, através de várias reações intermediárias, onde se verifica a liberação de gás carbônico e íons hidrogênios, transforma-se novamente em ácido oxalacético, fechando-se o ciclo.

Os hidrogênios liberados reduzem os aceptores NAD e FAD a  $\text{NADH}_2$  e  $\text{FADH}_2$ , respectivamente (formam-se  $6\text{NADH}_2$  e  $2\text{FADH}_2$ ). Além disso libera-se energia para a síntese de 2ATP.

## 3. Cadeia respiratória

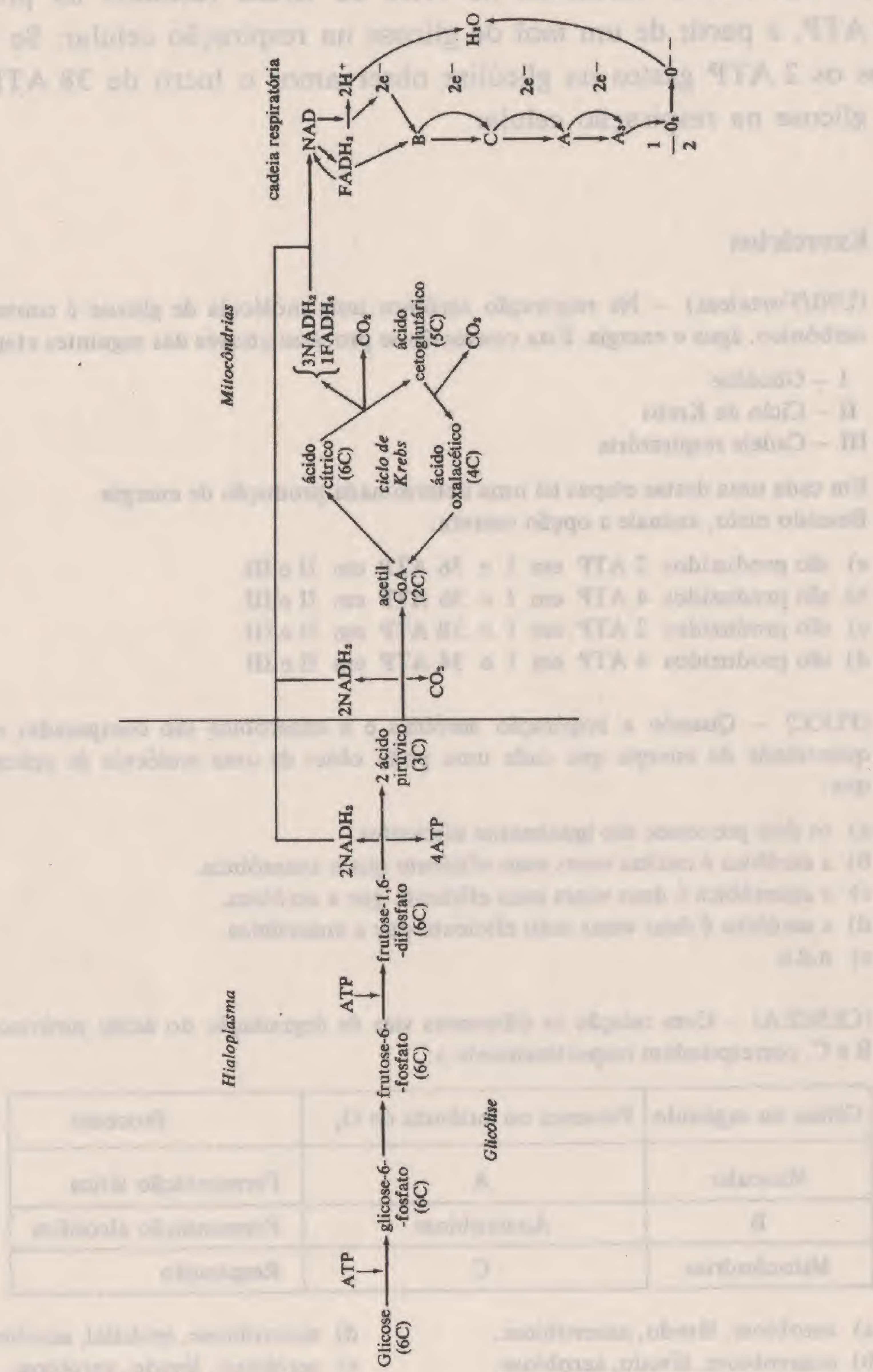
A cadeia respiratória ocorre nas cristas mitocondriais. Os  $\text{NADH}_2$  e  $\text{FADH}_2$  formados na glicólise e ciclo de Krebs devem transferir os hidrogênios ao oxigênio para que se forme água. Os aceptores não se ligam contudo diretamente ao oxigênio: os íons hidrogênio são transferidos de uma substância a outra formando-se uma cadeia que permite liberação gradativa de energia que será utilizada na síntese de ATP.

A cadeia respiratória inicia-se com o  $\text{NADH}_2$  (vindo da glicólise ou do ciclo de Krebs) ou com o  $\text{FADH}_2$  (vindo do ciclo de Krebs). Quando iniciada pelo  $\text{NADH}_2$ , este transfere dois íons hidrogênio ao FAD que se reduz a  $\text{FADH}_2$ . O  $\text{FADH}_2$  então se oxida a FAD liberando dois íons  $\text{H}^+$ . Em consequência passa a dispor de dois elétrons, os quais são transferidos aos citocromos. Estes passam, por oxidoredução, os elétrons de um a outro segundo a sequência: citocromo B  $\rightarrow$  citocromo C  $\rightarrow$  citocromo A  $\rightarrow$  citocromo  $\text{A}_3$ . Ao chegar ao citocromo  $\text{A}_3$ , os elétrons são transferidos ao oxigênio que passa a ser  $\text{O}^{--}$ . O  $\text{O}^{--}$  liga-se então aos dois prótons  $\text{H}^+$ , formando-se água. O oxigênio é portanto oceptor final de hidrogênios. Durante o transporte há liberação de energia suficiente para a síntese de ATP nas seguintes passagens: NAD para FAD; citocromo B para citocromo C; e citocromo A para  $\text{A}_3$ .



A síntese de ATP na cadeia respiratória é denominada *fosforilação oxidativa*.

Na cadeia respiratória a partir de cada  $\text{NADH}_2$  são produzidos 3ATP (e a partir de cada  $\text{FADH}_2$  se formam 2ATP). Como participam



A respiração celular



do processo 10  $\text{NADH}_2$  (2 da glicólise, 2 da passagem ácido pirúvico a acetilcoenzima A e 6 do ciclo de Krebs) e 2  $\text{FADH}_2$  (do ciclo de Krebs) formam-se na cadeia respiratória 34 ATP (30 a partir do  $\text{NADH}_2$  e 4 a partir do  $\text{FADH}_2$ ). Estes 34 ATP somados aos 4 ATP produzidos na glicólise e aos 2 ATP formados no ciclo de Krebs resultam na produção de 40 ATP, a partir de um mol de glicose na respiração celular. Se descontarmos os 2 ATP gastos na glicólise observamos o lucro de 38 ATP por mol de glicose na respiração celular.

4. Exercícios

1. (UNI/Fortaleza) – Na respiração aeróbica uma molécula de glicose é convertida em gás carbônico, água e energia. Esta conversão se processa através das seguintes etapas:

- I – Glicólise
- II – Ciclo de Krebs
- III – Cadeia respiratória

Em cada uma destas etapas há uma determinada produção de energia. Baseado nisto, assinale a opção correta:

- a) são produzidos 2 ATP em I e 36 ATP em II e III.
- b) são produzidos 4 ATP em I e 36 ATP em II e III.
- c) são produzidos 2 ATP em I e 38 ATP em II e III.
- d) são produzidos 4 ATP em I e 34 ATP em II e III

2. (PUCC) – Quando a respiração aeróbica e a anaeróbica são comparadas em relação à quantidade de energia que cada uma pode obter de uma molécula de açúcar, verifica-se que:

- a) os dois processos são igualmente eficientes.
- b) a aeróbica é muitas vezes mais eficiente que a anaeróbica.
- c) a anaeróbica é duas vezes mais eficiente que a aeróbica.
- d) a aeróbica é duas vezes mais eficiente que a anaeróbica.
- e) n.d.a.

3. (CESCEA) – Com relação às diferentes vias de degradação do ácido pirúvico, as letras A, B e C, correspondem respectivamente a:

Célula ou orgânulo	Presença ou ausência de $\text{O}_2$	Processo
Muscular	A	Fermentação láctica
B	Anaerobiose	Fermentação alcoólica
Mitocôndrias	C	Respiração

- a) aerobiose, lêvedo, anaerobiose.
- b) anaerobiose, lêvedo, aerobiose.
- c) anaerobiose, mitocôndria, aerobiose.
- d) anaerobiose, epitelial, aerobiose.
- e) aerobiose, lêvedo, aerobiose.



4. (CESCEM) – Na glicólise, para cada molécula de glicose que se converte em ácido pirúvico, a célula utiliza:
- 1 molécula de ATP e forma 4.
  - 1 molécula de ATP e forma 2.
  - 2 moléculas de ATP e forma 2.
  - 2 moléculas de ATP e forma 4.
  - 4 moléculas de ATP e forma 2.
5. (Med. Santos) – Sobre a produção de álcool etílico, ácido acético e ácido láctico por seres vivos podemos afirmar:
- o primeiro resulta de processo metabólico anaeróbico e os dois últimos de processo aeróbico.
  - o primeiro resulta de processo aeróbico e os dois últimos de processo anaeróbico.
  - os dois primeiros resultam de processo aeróbico e o último de processo anaeróbico.
  - os dois primeiros resultam de processo anaeróbico e o último de processo aeróbico.
  - os três resultam de processos metabólicos muito semelhantes, produzindo energia dentro do sistema  $ATP \rightleftharpoons ADP$ .
6. (Fund. Carlos Chagas) – No metabolismo anaeróbico dos carboidratos, as reações da glicólise processam-se ininterruptamente porque todas as coenzimas  $NAD^+$  reduzidas no processo são:
- substituídas por novas moléculas de  $NAD^+$  que a célula sintetiza.
  - reoxidadas na conversão do ácido pirúvico em outra substância orgânica.
  - imediatamente reoxidadas nas reações da cadeia respiratória.
  - substituídas por novos íons  $NAD^+$  resultantes da conversão de ADP em ATP.
7. Na glicólise:
- há produção de 4 ATP, com lucro de 2 ATP.
  - há formação de ácido pirúvico pela reação da glicose com água.
  - há consumo de 4 ATP.
  - há formação de 1  $NADH_2$  apenas.
  - há formação de 4 ATP por cada ácido pirúvico.
8. “Na ausência de oxigênio o ácido pirúvico torna-se aceptor de hidrogênios recebendo-os do  $NADH_2$ . Este processo só ocorre em condições anaeróbicas.”  
O texto diz respeito a:
- Respiração aeróbica
  - Ciclo de Krebs
  - Fermentação
  - Cadeia respiratória
  - nenhuma das anteriores
9. Na fadiga muscular há produção de:
- ácido láctico
  - álcool etílico
  - ácido acético
  - acetil coenzima A
  - nenhuma das anteriores
10. O *Saccharomyces* participa da:
- fermentação butírica
  - fermentação láctica
  - fermentação alcoólica
  - fermentação acética
  - nenhuma das anteriores



# *Centríolos, Plastos e Vacúolos*

## **1. Centríolos**

Os centríolos são organóides citoplasmáticos encontrados em células animais e vegetais, exceção feita a bactérias, algas azuis e angiospermas.

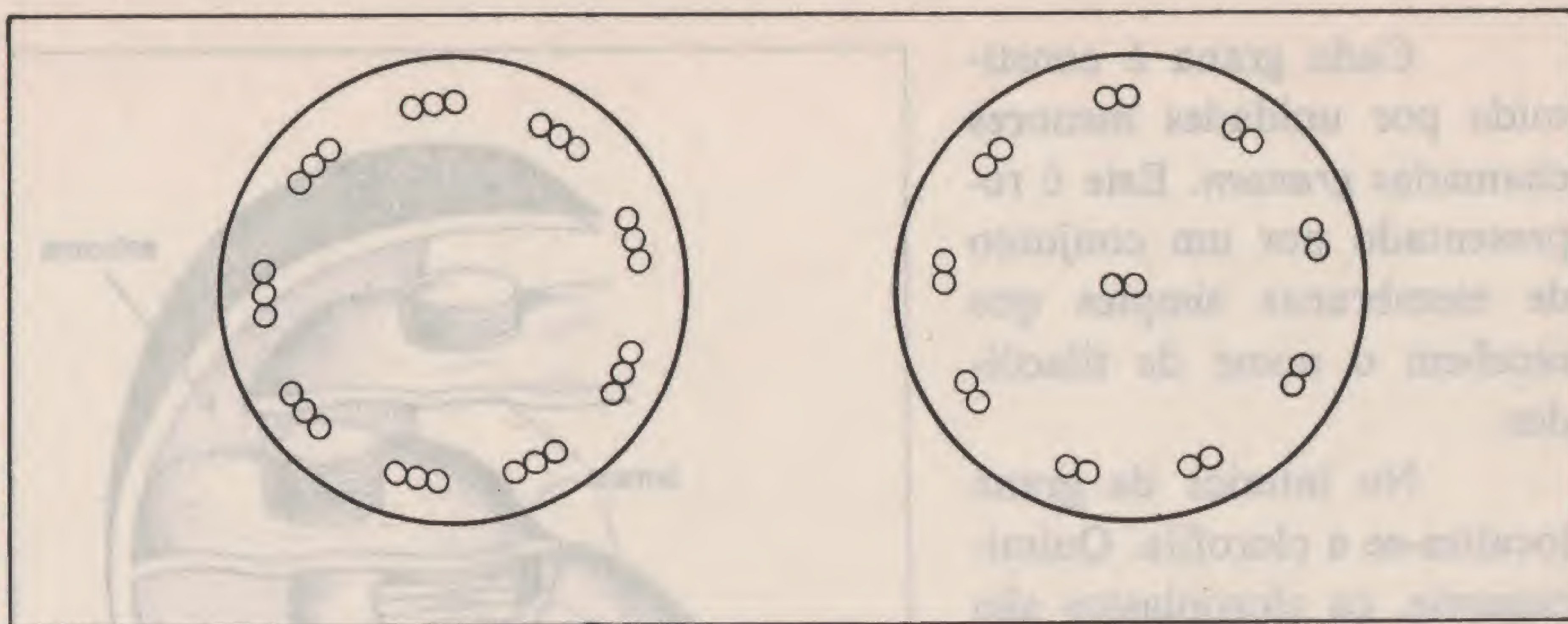
São visíveis aos microscópios óptico comum e eletrônico. Têm a forma de pequenos bastonetes. Quando dois centríolos são encontrados juntos, um é orientado perpendicularmente ao outro formando o que se chama *diplossomo*.

Ao microscópio eletrônico cada centríolo tem o aspecto de um cilindro oco, cuja parede é formada por nove grupos de três túbulos colados um ao outro em todo o seu comprimento. Em geral, há dois centríolos por célula localizados junto ao núcleo.

Quimicamente, os centríolos são constituídos por água, proteínas, açúcares, lípides, DNA e RNA. A presença de DNA sugere que os centríolos sejam autoduplicáveis e portanto originados de centríolos preexistentes.

Os centríolos participam da divisão celular como veremos ao analisar esse processo. Além disso, relacionam-se com os movimentos ciliar e flagelar. Cílios e flagelos são organelas vibráteis que servem à locomoção de protozoários. Os cílios caracterizam-se por serem curtos e numerosos, enquanto os flagelos são longos e poucos. Estruturalmente, cílios e flagelos são semelhantes. Em sua base há sempre um centríolo, nesse caso denominado *corpúsculo basal* ou *cinetossomo*. De cada conjunto de três túbulos do corpúsculo basal dois se prolongam de modo a constituir um cilindro envolvido por membrana. No centro desse cilindro, que emerge para fora da célula (cílio ou flagelo), há um par de túbulos. A figura que se segue mostra cortes transversais de um centríolo e de um cílio ou flagelo.





Centríolo

Cílio ou flagelo

## 2. Plastos

Plastos são organóides encontrados exclusivamente em células vegetais, exceção feita a bactérias, algas azuis e fungos.

Distinguem-se dois grupos de plastos: leucoplastos e cromoplastos. Os *leucoplastos* são incolores por não possuírem pigmentos. Têm a função de armazenar substâncias orgânicas, principalmente o amido, sendo então denominados *amiloplastos*.

Os *cromoplastos* possuem cor graças à presença de pigmentos, tais como a clorofila (verde), os carotenos e xantofilas (amarelos), a ficoeritrina (vermelha) e a ficocianina (azul). Os principais cromoplastos são os cloroplastos.

*Cloroplastos* são plastos de cor esverdeada por possuírem clorofila. Neles ocorre a fotossíntese, processo que estudaremos ao tratar da vida vegetal.

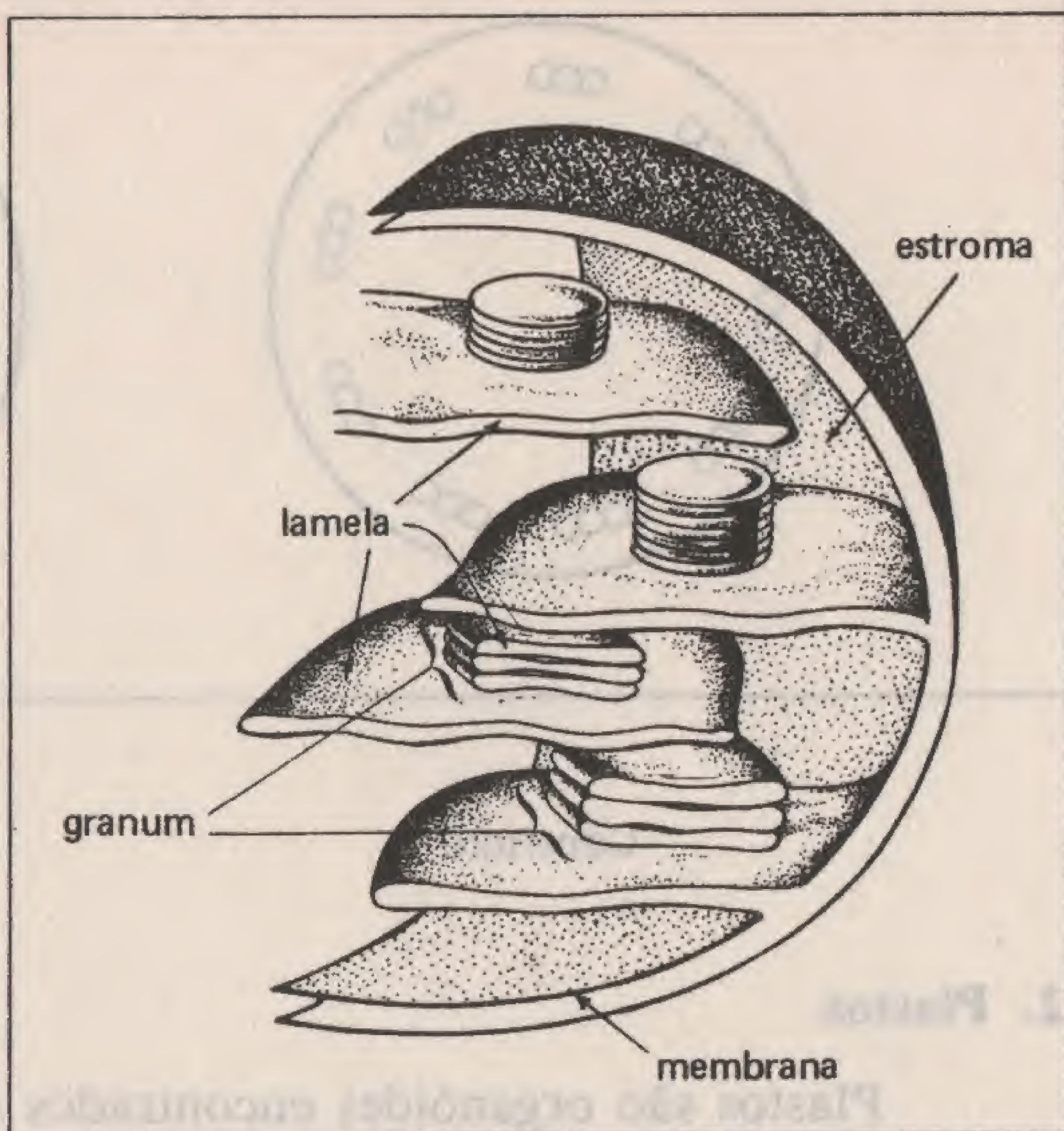
Sua forma, em vegetais superiores, pode ser esférica ou elipsóide. Ao microscópio eletrônico apresentam-se delimitados externamente por uma membrana envolvente (lipoprotéica). Sob esta há uma membrana interna que delimita uma região cheia de uma substância amorfa: o *estroma*.

Mergulhado no estroma encontra-se um conjunto complexo de membranas. Estas podem se dispor em forma de discos, colocados uns sobre os outros. A pilha formada recebe o nome de *grana*. As granas são interligadas por estruturas membranosas denominadas lamelas ou intergranas.



Cada grana é constituída por unidades menores chamadas *granum*. Este é representado por um conjunto de membranas simples que recebem o nome de tilacóides.

No interior da grana localiza-se a clorofila. Quimicamente, os cloroplastos são constituídos por água, proteínas, lipídios, clorofilas, carotenóides, íons etc. Há ainda, no estroma, DNA, RNA e ribossomos, o que possibilita a sua autoduplicação e síntese de proteínas.



O cloroplasto

### 3. Vacúolos

Vacúolos são organóides mais característicos de células vegetais que de células animais. São áreas cheias de líquido separadas do hialoplasma por uma membrana, o *tonoplasto*. Nas células vegetais são geralmente de grande tamanho. Ocupam posição central na célula deslocando-se o núcleo e o citoplasma para a periferia celular. Armazenam, nas células vegetais, água, pigmentos, açúcares e sais. A grande quantidade de água que possuem em seu interior é responsável por um estado de tensão celular denominado turgor ou turgescência.

Em protozoários de água doce encontram-se os chamados *vacúolos pulsáteis*. Estes se encarregam, graças à sua capacidade de contração, de jogar para fora os excessos de água que entram na célula por osmose.

Outros tipos de vacúolos são aqueles que participam do processo de digestão celular (fagossomo, pinossomo, vacúolo digestivo etc).



#### 4. Exercícios

1. (Fund. Carlos Chagas) – Qual das seguintes estruturas celulares desempenha importante papel na formação de cílios e flagelos?
  - a) centríolo.
  - b) vacúolo.
  - c) ribossomo.
  - d) mitocôndria.
  - e) complexo de Golgi.
2. (Med. ABC) – A estrutura de um centríolo celular, como observada ultramicroscopicamente em corte transversal, é semelhante àquela observada nas mesmas condições na seguinte estrutura também celular:
  - a) nucléolo
  - b) cromossomo
  - c) ribossomo
  - d) cloroplasto
  - e) flagelo
3. (Fund. Carlos Chagas) – Dos componentes celulares abaixo, os únicos encontrados exclusivamente em células vegetais são os:
  - a) nucléolos
  - b) centrômeros
  - c) plastos
  - d) corpúsculos de Golgi
  - e) mitocôndrias
4. (PUC) – Entre as afirmações abaixo, relativas aos plastos, assinale a errada:
  - a) São intranucleares.
  - b) Estão ausentes nos animais.
  - c) Produzem pigmentos fotossintetizantes.
  - d) Possuem DNA e RNA e ribossomos.
  - e) Podem armazenar amido.
5. Diplossomos são:
  - a) cromossomos
  - b) o mesmo que dictiossomos
  - c) centríolos
  - d) lisossomos
  - e) ribossomos
6. Sobre os centríolos é *incorreto* afirmar-se que:
  - a) existem em angiospermas
  - b) apresentam a forma de bastonete
  - c) são visíveis aos microscópios óptico e eletrônico
  - d) cada cilindro é formado por nove grupos de três túbulos
  - e) apresentam DNA em sua constituição química
7. Tonoplasto é:
  - a) o mesmo que cloroplasto
  - b) membrana envoltória de vacúolos
  - c) componente da membrana celulósica
  - d) o mesmo que plasmodesmos
  - e) nenhuma das anteriores
8. (PUC) – O organóide citoplasmático cuja função está ligada à síntese de substância orgânica a partir de substância inorgânica é:
  - a) plastídio
  - b) vacúolo
  - c) mitocôndrio
  - d) centríolo
  - e) substância de Golgi



# O Núcleo

---

## 1. Introdução

Uma célula, no decorrer de sua vida, passa essencialmente por dois períodos: um de divisão, no qual produz células-filhas, e outro de intérfase, em que não está em divisão. A *intérfase* é portanto o intervalo de tempo entre duas divisões celulares consecutivas.

Durante a divisão celular o núcleo se descaracteriza em face da dissolução da membrana nuclear que o separa do citoplasma. Por isso, o estudo do núcleo é efetuado durante a intérfase.

O chamado *núcleo interfásico*, ou núcleo das células que não se encontram em divisão, apresenta os seguintes componentes: membrana nuclear, suco nuclear, nucléolo e cromatina.

## 2. Membrana nuclear

A membrana nuclear também chamada *carioteca* ou *cariolema* é uma membrana lipoprotéica que separa o núcleo do citoplasma. Existe na maioria das células e os seres que a possuem são chamados *eucariotas*. Bactérias e algas azuis não possuem carioteca e são, por esta razão, chamados de *procariotas*.

A carioteca é dupla. É constituída por duas membranas separadas por um espaço perinuclear. A membrana externa é contínua com o retículo endoplasmático. Por isso considera-se a carioteca como uma diferenciação do retículo endoplasmático ao redor do núcleo.

A carioteca possui poros que permitem intercâmbio de substâncias entre o núcleo e o citoplasma. Trata-se ainda de uma membrana incapaz de regenerar-se quando lesada.

## 3. Suco nuclear

O suco nuclear, também chamado *cariolinfa*, *carioplasma* ou *nucleoplasma* é um colóide cujas propriedades são semelhantes às do hialoplasma. Nele estão mergulhados os demais componentes do núcleo que aí acumulam produtos de sua atividade.



#### 4. Nucléolo

O *nucléolo* ou *plasmossomo* é o componente mais denso do núcleo. Sua forma é esférica e ao microscópio eletrônico mostra-se como uma estrutura esponjosa formada por um conjunto de filamentos, o *nucleolonema*. Possui também uma área de aspecto amorfo, denominada porção amorfa, onde podem ser encontradas partículas de 150 Å de diâmetro.

Por ser esponjoso o nucléolo apresenta cavidade, preenchidas por suco nuclear e cromatina. Esta, chamada *cromatina associada ao nucléolo*, é responsável pela síntese de RNA ribossômico, sendo esta a função do nucléolo.

Quimicamente, os principais componentes nucleolares são RNA e proteínas. Encontram-se também lipídios, polissacarídeos, água e DNA.

A origem do nucléolo está ligada a uma região existente em certos cromossomos, a Zona SAT (satélite).

#### 5. Cromatina

A observação do núcleo interfásico ao microscópio óptico comum permite a identificação de uma massa densa de aspecto reticular denominada *cromatina*. Ao microscópio eletrônico a cromatina revela-se formada por um conjunto de filamentos finos. Estes filamentos denominados *cromonemas*, são a forma como os cromossomos se apresentam durante a intérfase.

A cromatina é pois o conjunto de cromossomos na forma em que se apresentam durante a intérfase, antes que se espiralizem para a seguinte divisão celular.

A utilização de corantes revela a presença de dois tipos de cromatina: *heterocromatina* e *eucromatina*. A heterocromatina é mais densa e por isso cora-se melhor que a eucromatina. A existência de dois tipos de cromatina é explicada pelo fato de cromonemas apresentarem regiões espiralizadas e regiões não-espiralizadas (esticadas). As regiões espiralizadas correspondem à heterocromatina enquanto as desespiralizadas correspondem à eucromatina.

#### 6. Cromossomos

Cromossomos são filamentos visíveis durante a divisão celular. Correspondem aos cromonemas encontrados no núcleo interfásico. Durante a divisão celular, os filamentos finos se espiralizam tornando-se mais espessos e visíveis, sendo então denominados cromossomos.



Os cromossomos são constituídos por DNA, RNA e proteínas. No DNA estão as informações genéticas que são transmitidas de uma célula a outra. Por isso consideram-se, sob o ponto de vista genético, os cromossomos como constituídos por genes. Estes são estruturas responsáveis pela determinação de caracteres hereditários.

O *número* de cromossomos é constante para a espécie embora não a caracterize. Esse número é de 46 para a espécie humana, 48 para o chimpanzé, 40 para o porco etc. Há no organismo células que possuem cromossomos aos pares, formando os pares de homólogos. Estas células são chamadas *diplóides* ou  $2n$  e são as células somáticas (do corpo) e as germinativas (precursoras das células sexuais). Outras células, ditas *haplóides* ou  $n$ , apresentam apenas um cromossomo de cada par de homólogos. Têm a metade do número de cromossomos das células diplóides. Servem como exemplo de células haplóides os gametas.

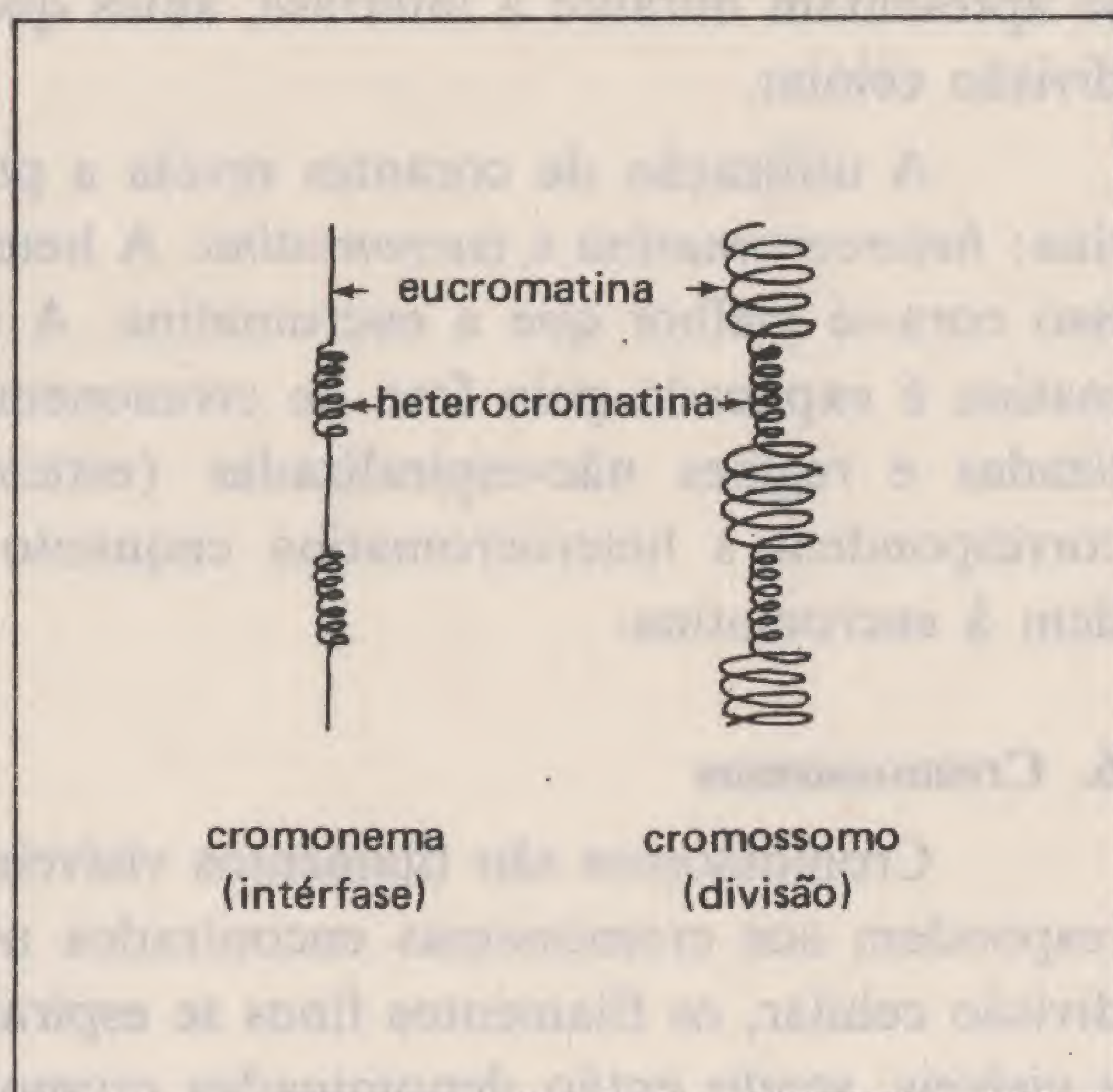
Quanto ao *tamanho*, os cromossomos humanos medem de 4 a  $6\mu$ . Há contudo cromossomos de grande tamanho, chamados cromossomos gigantes.

É o caso dos *cromossomos politênicos*. Atingem  $250\mu$  e são encontrados em células de glândulas salivares de dípteros, na fase larval destes insetos.

São também gigantes os *cromossomos plumosos*. Chegam a  $800\mu$  e são encontrados em ovócitos de peixes, anfíbios, répteis, aves e certos invertebrados.

### Estrutura

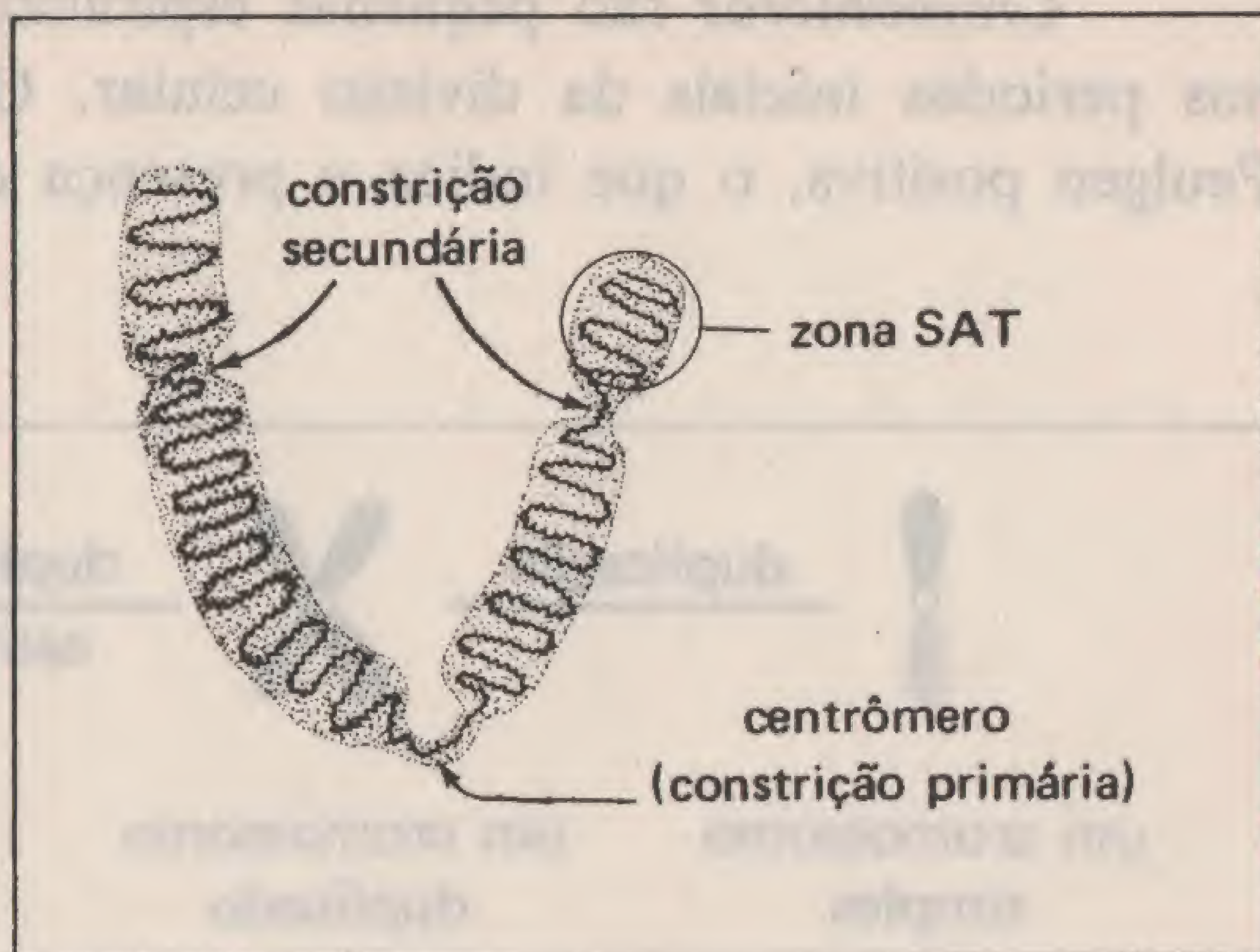
Os cromossomos resultam da espiralização dos cromonemas encontrados no núcleo interfásico. Nessa ocasião, as regiões que já se encontravam espiralizadas no cromonema (heterocromatina) passam a constituir as chamadas *constricções*. Há dois tipos de constricções: primária e secundária. A *primária* apresenta uma zona clara onde se localiza um pequeno





corpúsculo, o *centrômero* ou *cinetócoro*. Quando a constrição não possui centrômero, é dita secundária.

Alguns cromossomos possuem, delimitada por uma constrição secundária, uma região, a *Zona SAT*, assim chamada por assemelhar-se a um satélite. A Zona SAT é responsável pela organização do nucléolo e síntese de RNA ribossômico.



Estrutura dos cromossomos

Dá-se o nome de *telômeros* às extremidades dos cromossomos. Graças a uma aparente polaridade os telômeros impedem que os cromossomos se liguem uns aos outros.

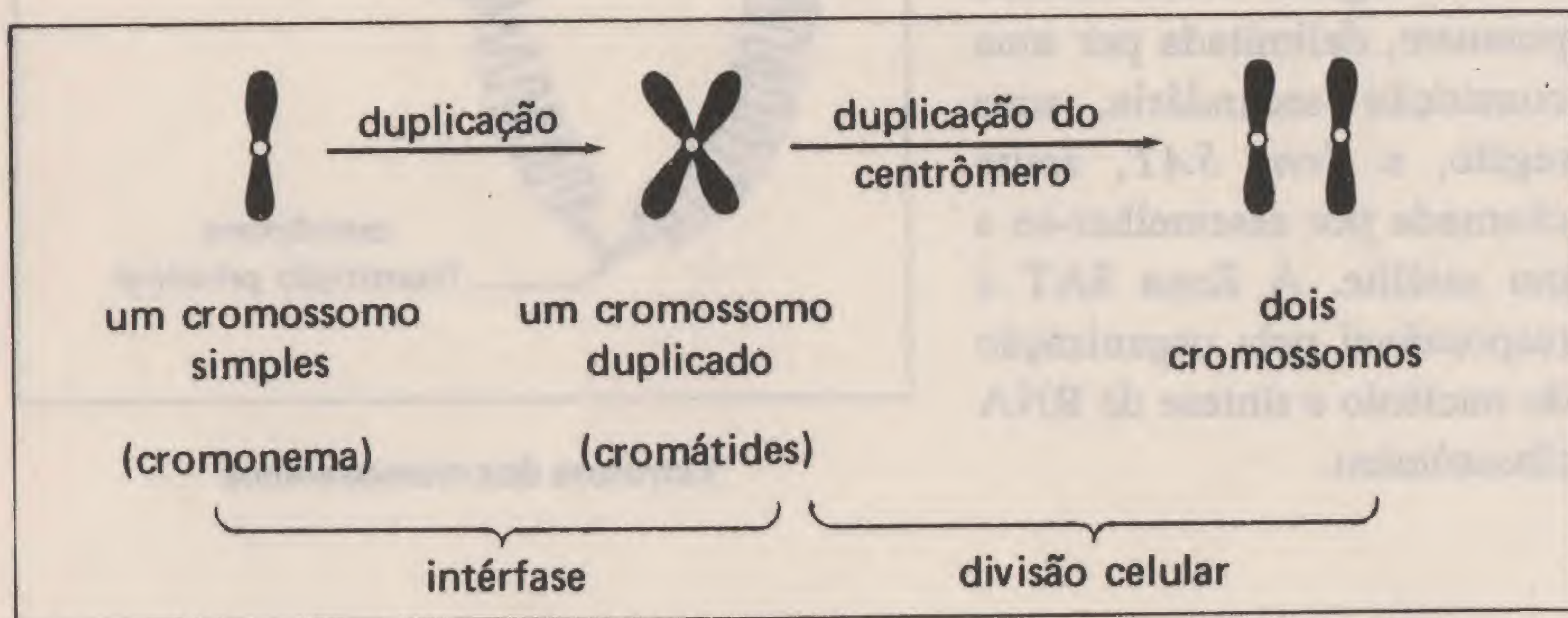
A forma dos cromossomos depende da posição do centrômero. Um cromossomo com a forma de um V, dividido pelo centrômero em dois braços de igual tamanho, é dito *metacêntrico*. A forma de um jota invertido, pelo fato de o centrômero o dividir em dois braços de tamanho desigual, caracteriza o cromossomo como *submetacêntrico*. Se tiver a forma de um bastão, com o centrômero terminal, o cromossomo é dito *telocêntrico*. Será, porém, *acrocêntrico* se a forma for de bastão mas com o centrômero sub-terminal.

### *Cromátides e cromômeros*

Na intérfase os cromossomos se apresentam como filamentos unitários, desespiralizados, os cromonemas. Contudo, se a célula for entrar em divisão, ocorre, ainda na intérfase, a duplicação dos cromonemas, originando dois filamentos idênticos denominados *cromátides*. As cromátides recém-originadas ficam unidas pelo centrômero. Durante a divisão celular as cromátides se separam originando dois cromossomos. A separação se dá pela duplicação do centrômero.



*Cromômeros* são pequenas espiralizações visíveis nos cromossomos nos períodos iniciais da divisão celular. Os cromômeros dão reação de Feulgen positiva, o que indica a presença de DNA.



### Cariótipo

*Cariótipo* é o conjunto de características cromossômicas (número, tamanho e forma) das células diplóides de um indivíduo. O cariótipo é um procedimento utilizado quando há suspeita de alterações nos cromossomos de um indivíduo, manifestada por anormalidades orgânicas. Neste caso, fotografam-se os cromossomos de linfócitos (glóbulos brancos) em divisão e, após ampliação, procede-se a sua comparação com cromossomos normais.

### 7. Exercícios

- (FATEC) – Clorofila, enzimas respiratórias e RNA são encontrados, respectivamente, em
  - mitocôndrias, lisossomos, núcleo.
  - vacúolo, mitocôndrias, núcleo.
  - mitocôndrias, complexo de Golgi, ribossomos.
  - vacúolo, lisossomos, núcleo.
  - plastos, mitocôndrias, ribossomos.
- (PUC) – A presença da carioteca define os seres:
 

a) procariotas	d) heterótrofos
b) autótrofos	e) unicelulares
c) eucariotas	
- (Med. Santos) – O principal componente do nucléolo é (são):
 

a) ácido desoxiribonucléico	d) lipídios
b) ácido ribonucléico	e) proteínas e ácido ribonucléico
c) fosfatos	



4. (PUC) – Os nucléolos originam-se a partir:
- de regiões especiais de qualquer cromossomo.
  - de qualquer região de qualquer cromossomo.
  - de regiões especiais de certos cromossomos.
  - de nenhum cromossomo.
  - n.d.a.
5. (MAUÁ) – Qual o papel dos centrômeros durante a divisão celular? De que forma estão implicados com a morfologia dos cromossomos?
6. (FAAP) – Em função da posição do centrômero, como podem ser classificados os cromossomos?
7. (COMBIMED) – Nas bactérias não existe:
- membrana plasmática
  - membrana nuclear
  - ADN
  - ARN
  - ribossomos
8. (Mogi) – As bactérias são procariotas, portanto não apresentam:
- DNA
  - RNA
  - carioteca
  - ribossomos
  - membrana plasmática
9. (PUCSP) – Podemos afirmar que o nucléolo é uma estrutura:
- intranuclear, visível apenas ao microscópio eletrônico, em células em anáfase.
  - intranuclear, rica em RNA mensageiro, presente em alguns vírus.
  - intranuclear, rica em RNA ribossômico, presente em células eucariotas.
  - citoplasmática, presente em alguns protozoários.
  - citoplasmática, rica em RNA ribossômico, com função de sintetizar enzimas do ciclo respiratório.
10. (Osvaldo Cruz) – No homem, o número de cromossomos por célula é:
- diplóide em todas as células com exceção dos gametas.
  - haplóide nas células somáticas e germinativas.
  - diplóide nas células somáticas e germinativas.
  - haplóide nas gonadas e diplóide nos gametas.
  - nenhuma das anteriores.
11. (Edson Queiróz/CE) – Coloque falso (F) ou verdadeiro (V) nas seguintes assertivas:
- ☐ O DNA, componente dos cromossomos, é uma lipoproteína.
  - ☐ A cromatina, substância encontrada no citoplasma celular, é considerada como transmissor primário dos caracteres hereditários.
  - ☐ Envolvendo o núcleo da célula encontramos uma substância protoplasmática semi-líquida, denominada nucleoplasma.
  - ☐ A mitocôndria tem função de oxidar nutrientes liberando, assim, a energia necessária para o desempenho das funções vitais.
- Marque a resposta na seqüência correta:
- F, F, F, F
  - F, F, F, V
  - F, F, V, V
  - F, V, V, V



# Divisão Celular: Mitose

## 1. Introdução

A mitose é um processo de divisão celular onde as células-filhas produzidas são iguais à célula-mãe. Serve ao crescimento do organismo e reposição celular.

A mitose ocorre em células diplóides e haplóides. Como as células-filhas possuem o mesmo número de cromossomos da célula-mãe podemos afirmar que *na mitose há conservação do número de cromossomos*.

Na mitose dividem-se o núcleo e o citoplasma celulares. A divisão do núcleo é denominada *cariocinese* e a do citoplasma, *citocinese*.

A mitose apresenta apenas uma divisão celular. Embora esta se processe de modo contínuo, costuma-se, por razões didáticas, dividi-la em cinco fases: prófase, prometáfase, metáfase, anáfase e telófase.

Recordemos que antes de a divisão iniciar-se, ainda na intérfase, ocorre a duplicação cromossômica: os filamentos simples, cromonemas, passam a ser filamentos duplos, as cromátides.

## 2. Fases da mitose

A *prófase* é a fase mais longa da divisão. Observa-se aumento do volume nuclear pela entrada de água. Os cromossomos, constituídos por duas cromátides, tornam-se visíveis graças à espiralização. Os nucléolos desaparecem. No citoplasma os centríolos se duplicam e migram aos pólos da célula. Ao chegar aos pólos, eles são envolvidos por fibras que se distribuem radialmente ao seu redor, as fibras do áster. Formam-se também as fibras do fuso que vão de pólo a pólo. Ao conjunto de fibras do fuso e fibras do áster dá-se o nome de aparelho mitótico. Ao microscópio eletrônico as fibras mostram-se formadas por unidades denominadas microtúbulos. Note-se que em células vegetais superiores não existem centríolo e áster e por isso a mitose é dita acêntrica (sem centríolo) e anastral (sem áster). Ao contrário, em células animais, a mitose é cêntrica (com centríolo) e astral (com áster).

Na *prometáfase* desintegra-se a carioteca. Com isso os cromossomos



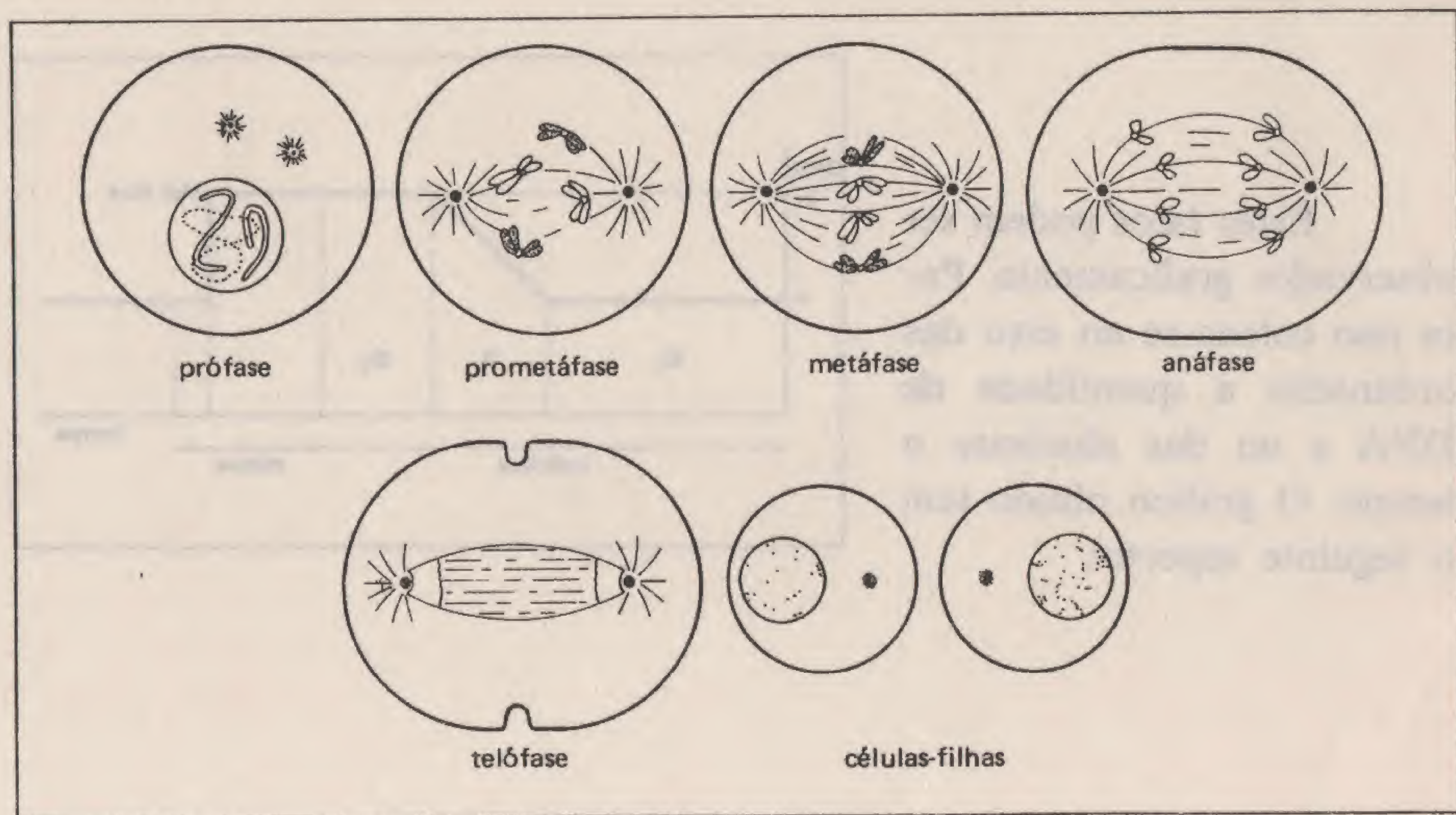
caem no citoplasma e dirigem-se à região equatorial da célula, onde se prenderão às fibras do fuso por meio do centrômero.

Na *metáfase* os cromossomos, presos ao fuso pelo centrômero, encontram-se no plano equatorial da célula formando a chamada placa equatorial. Atingem o máximo grau de espiralização e portanto de visibilidade. Ao final da metáfase duplicam-se os centrômeros e com isso há separação das cromátides, voltando os cromossomos a ser filamentos simples. A colchicina é uma substância capaz de inibir a formação das fibras do fuso. Por isso, se adicionada a uma célula no início da divisão, permite que esta progrida só até a metáfase.

A *anáfase* inicia-se com a duplicação dos centrômeros. Após a duplicação, os centrômeros-filhos migram aos pólos da célula, arrastando consigo os cromossomos-filhos. A migração é possível graças ao encurtamento das fibras do fuso.

Na *telófase* os cromossomos-filhos chegam aos pólos e se desespiralizam. Enquanto se desespiralizam ligam-se às membranas do retículo endoplasmático. Posteriormente essas membranas se soldam umas às outras dando origem às novas membranas nucleares. Reaparecem os nucléolos e desaparecem as fibras do fuso e do áster. Ocorre aí a citocinese, surgindo então duas células-filhas com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe.

Nas células animais a citocinese inicia-se de fora para dentro, sendo por isso dita centrípeta. Nas células vegetais inicia-se de dentro para fora,



As fases da mitose



sendo chamada centrífuga. Isso ocorre porque há, nas células vegetais, a formação da lamela média inicialmente constituída por pectina. Posteriormente, celulose e outros materiais são adicionados à lamela média formando-se a membrana de celulose.

### 3. Síntese de DNA

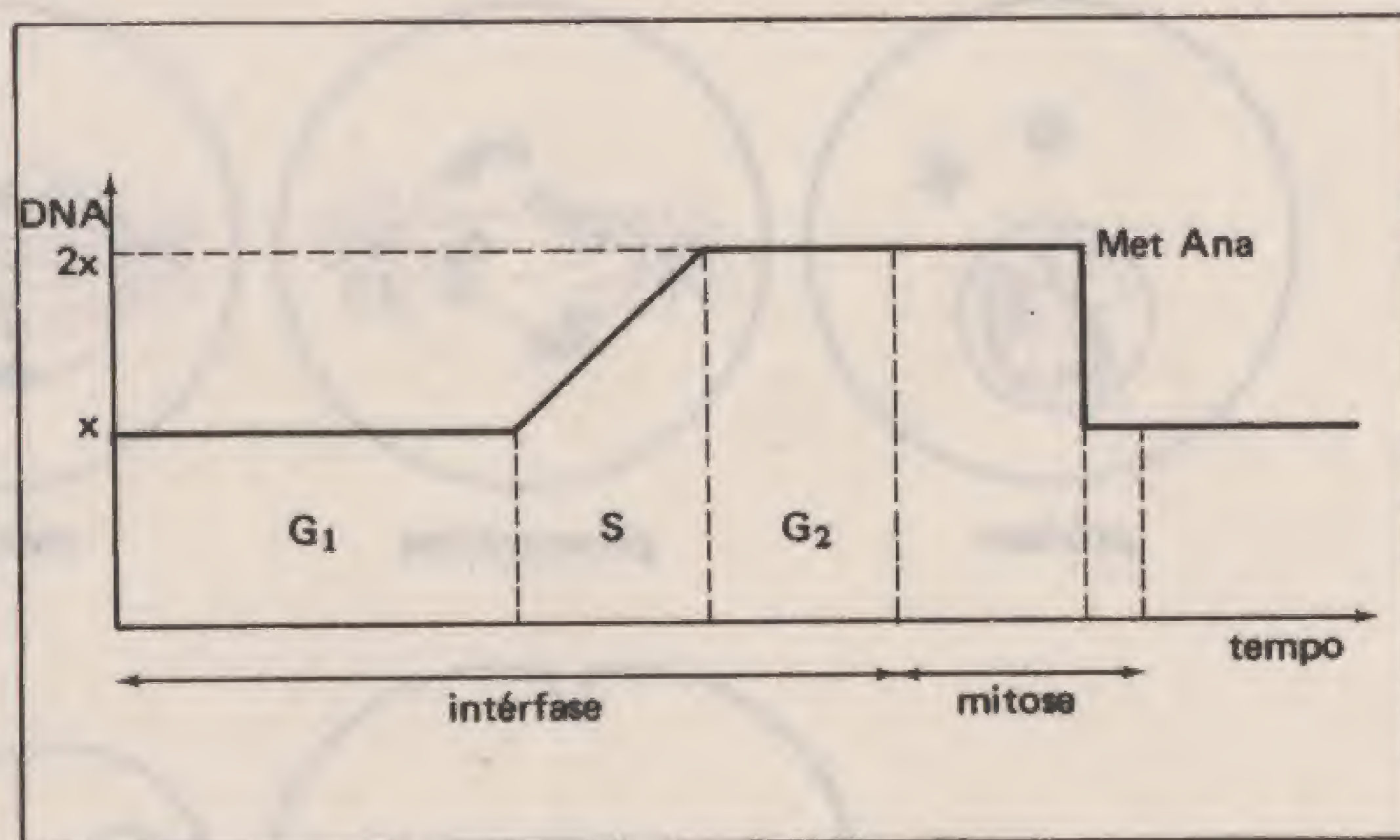
A duplicação dos cromossomos (passagem de cromonema a cromátides) ocorre na intérfase. Como os cromossomos possuem DNA podemos falar em duplicação deste. Assim se dissermos que num cromonema temos  $x$  de DNA, nas cromátides teremos  $2x$ . A intérfase e a mitose podem ser avaliadas através da quantidade de DNA. Assim temos que a intérfase é subdividida em três períodos:  $G_1$ ,  $S$  e  $G_2$ .

O  $G_1$  é conhecido como período da pré-duplicação do DNA. Nele os cromossomos se apresentam como cromonemas. A quantidade de DNA é  $x$ .

O  $S$  é o período de duplicação. Os cromossomos passam a ser cromátides. A quantidade de DNA passa a ser  $2x$ .

O  $G_2$  é o período de pós-duplicação. Os cromossomos estão duplicados e a célula está apta a entrar em divisão. Nesta na passagem de metáfase para anáfase, há divisão do centrômero e os cromossomos voltam a ser filamentos simples. A quantidade de DNA volta então a ser  $x$ .

Estes fatos podem ser observados graficamente. Para isso coloca-se no eixo das ordenadas a quantidade de DNA e no das abscissas o tempo. O gráfico obtido tem o seguinte aspecto:



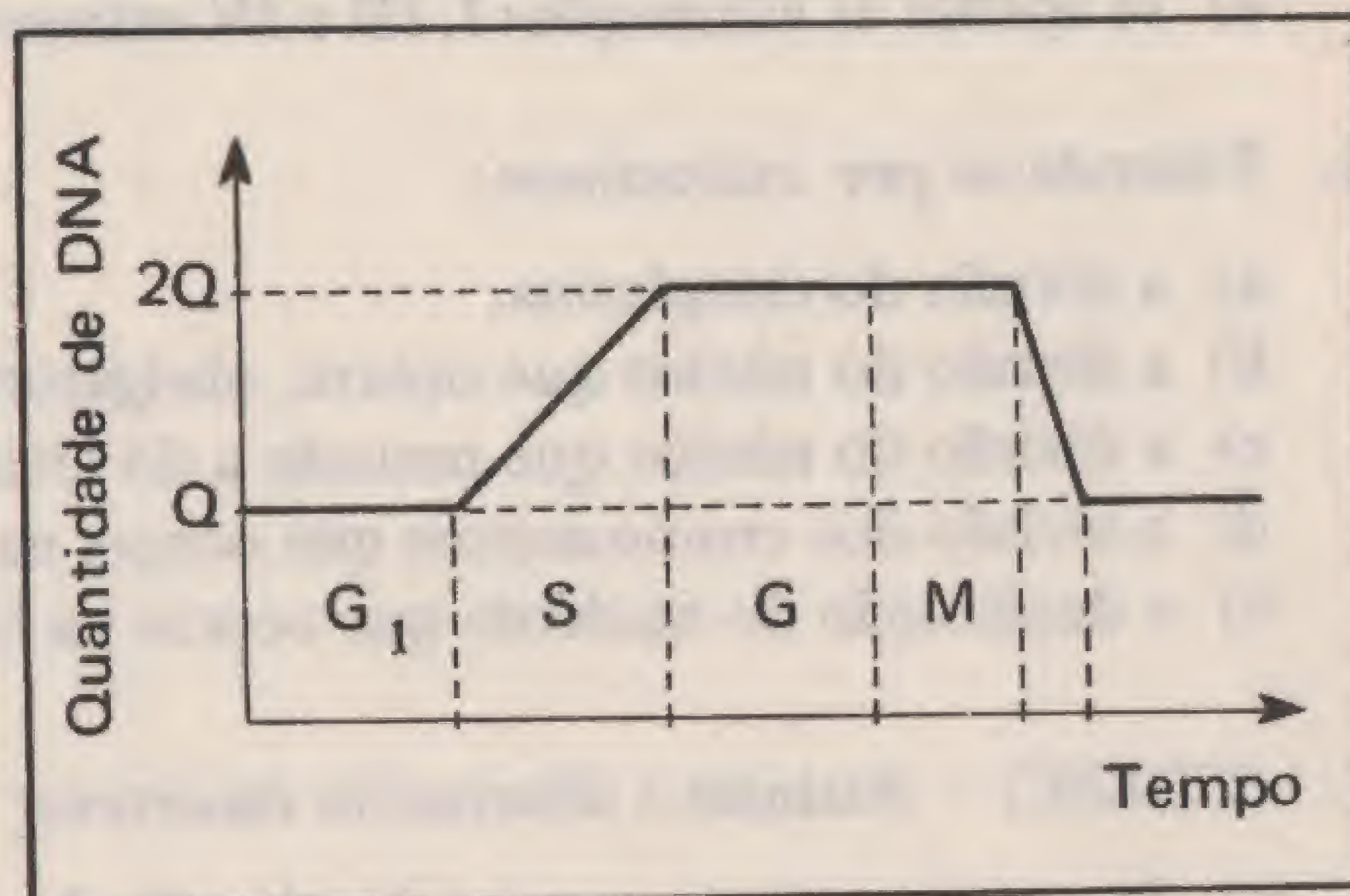


## 4. Exercícios

1. (MACK) – Considere o gráfico ao lado, que representa a variação da quantidade de DNA numa célula, em divisão.

A seguir, indique a alternativa que compreende os períodos da intérfase:

- a)  $G_1$ , S,  $G_2$
- b) S,  $G_2$ , M
- c)  $G_2$ , M,  $G_1$
- d) M,  $G_1$ , S
- e)  $G_1$ , S,  $G_2$ , M



2. (FESP) – A desespiralização dos cromossomos, o desaparecimento do fuso cariocinético, o reaparecimento do nucléolo e a citocinese são fenômenos que caracterizam uma das fases da mitose. Trata-se da:

- a) anáfase
- b) telófase
- c) metáfase
- d) prófase
- e) intérfase

### 3. (PUCSP)

I – A mitose é um processo de divisão celular na qual a célula se divide produzindo duas células-filhas iguais.

II – A duplicação do DNA, nas células que irão sofrer mitose, ocorre na intérfase.

III – Loco gênico é o local ocupado por um gene no cromossomo.

- a) apenas a afirmação I está errada.
- b) todas as afirmações estão erradas.
- c) todas as afirmações estão corretas.
- d) apenas uma afirmação está correta.
- e) apenas uma afirmação está errada.

4. (MACK) – Uma célula somática com  $2n$  cromossomos divide-se por mitose, originando:

- a) sempre 4 células com  $2n$  cromossomos
- b) sempre 2 células com  $n$  cromossomos.
- c) uma célula com  $2n$  cromossomos e outra com  $n$  cromossomos
- d) geralmente 4 células com  $n$  cromossomos
- e) geralmente 2 células com  $2n$  cromossomos

5. A respeito da mitose foram feitas as seguintes considerações:

I – A mitose ocorre tanto em células diplóides como haplóides, originando duas células-filhas com a metade do número de cromossomos da inicial.

II – As células germinativas, na fase de multiplicação, e as células somáticas sofrem a mitose.

III – A mitose não é um fenômeno contínuo, pois entre uma e outra fase do processo mitótico há uma pequena interrupção a fim de que as estruturas celulares se reestruturem.

IV – Na mitose ocorre uma duplicação cromossômica para uma divisão do núcleo.

Assinale:

- a) se apenas a afirmação I estiver correta




- b) se apenas as afirmações II e III estiverem corretas
- c) se apenas as afirmações II e IV estiverem corretas
- d) se apenas a afirmação II estiver correta
- e) se apenas as afirmações I, III e IV estiverem corretas





6. Entende-se por cariocinese:

- a) a divisão do citoplasma.
- b) a divisão do núcleo que ocorre, obrigatoriamente, após a do citoplasma.
- c) a divisão do núcleo que precede a do citoplasma.
- d) a divisão dos cromossomos que ocorre na metáfase.
- e) a duplicação do nucléolo que ocorre na telófase.

7. (UDESC) – Assinale a alternativa *incorreta*:

- a) Durante a mitose, ocorre duplicação de cromossomos e sua distribuição para as células-filhas.
- b) Os cromossomos são formados por filamentos de nucleoproteínas que se condensaram.
- c) Os cromossomos derivam de porções da cromatina que se condensaram formando partículas de forma e número bem definido para cada espécie.
- d) Mitose é o processo pelo qual as células dos seres eucariontes distribui em partes iguais, o DNA que foi duplicado durante a intérfase, para as duas porções do citoplasma, que se dividiu.
- e) A mitose é realizada por meio de duas divisões sucessivas.

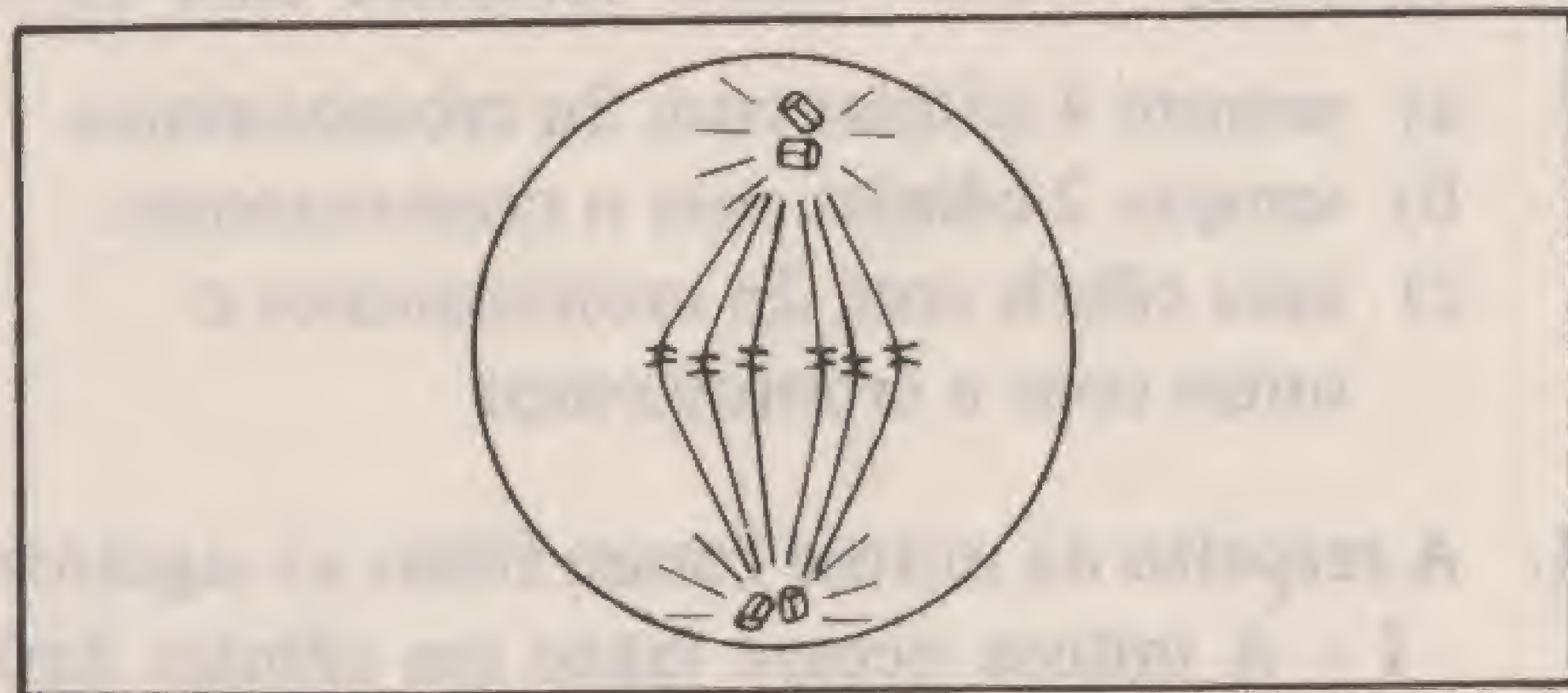
8. (Med. Santa Casa) – Se uma célula somática, na sua interfase, apresenta um cromossomo com o aspecto: , devemos esperar que tal aspecto:

- a) na prófase desta célula tenha sido o mesmo.
- b) na metáfase desta célula tenha sido: 
- c) na anáfase desta célula tenha sido: 
- d) na telófase desta célula tenha sido: 
- e) na intérfase seguinte desta célula venha a ser: 

Para responder à questão 9 observe o desenho abaixo:

9. (PUCMG) – Trata-se de :

- a) metáfase I meiótica.
- b) metáfase mitótica em célula vegetal.
- c) anáfase em célula vegetal.
- d) anáfase em célula animal.
- e) metáfase em célula animal.



10. (Med. Santo Amaro) – Quando se inicia a mitose, os cromossomos começam a se condensar:

- a) já estando duplicados desde a intérfase precedente, sendo que o máximo de condensação é observado na metáfase.
- b) duplicam-se durante a metáfase, separando-se na anáfase.
- c) a condensação máxima é na telófase.
- d) a condensação termina na metáfase, ocorrendo a duplicação dos mesmos na anáfase.
- e) duplicam-se na intérfase, apresentando um máximo de condensação no período  $G_1$ .



# Divisão Celular: Meiose

---

## 1. Introdução

A meiose é um processo de divisão celular que só ocorre em células diplóides. Ao final da divisão surgem quatro células haplóides, portanto com a metade do número de cromossomos da célula inicial. Há portanto na divisão meiótica *redução do número de cromossomos*.

A meiose serve, em animais, à produção de gametas (células sexuais). Em vegetais serve à produção de esporos e organismos haplóides.

O processo se caracteriza por apresentar duas divisões celulares consecutivas. A primeira é dita *reducional* porque dela resultam duas células já haplóides. Na segunda divisão, dita *equacional*, cada célula haplóide resultante da primeira divisão dá origem a duas células haplóides, totalizando quatro células-filhas haplóides. Entre as duas divisões há um período denominado *intercinese*.

A meiose, como a mitose, é um processo contínuo. Costuma-se contudo, por razões didáticas, dividi-la em fases. Assim, a primeira divisão compreende prófase I, prometáfase I, metáfase I, anáfase I e telófase I. A prófase I é, por sua vez, subdividida em cinco períodos: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese. Após a intercinese segue-se a segunda divisão que compreende: prófase II, prometáfase II, metáfase II, anáfase II e telófase II. Note-se que a segunda divisão meiótica tem descrição semelhante à mitose.

Como ocorre na mitose, antes de iniciar-se a meiose, ocorre, ainda na intérfase, a duplicação dos cromossomos que passam de cromonemas a cromátides.

## 2. Primeira divisão meiótica

A *prófase I* se subdivide, como vimos, em cinco períodos: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese. No *leptóteno* os cromossomos se apresentam duplicados (a duplicação ocorreu na intérfase). As cromátides de um mesmo cromossomo são ditas *irmãs* por serem geneticamente idênticas. Inicia-se a espiralização cromossômica. Como os cromossomos ainda estão pouco visíveis costuma-se representá-los por filamentos simples.



Nesses filamentos observam-se pequenas condensações, os cromômeros. No *zigóteno* há o pareamento ou *sinapse* dos cromossomos homólogos. Estes ficam lado a lado pareando-se cromômero a cromômero. No *paquíteno* os cromossomos estão mais visíveis graças à progressiva espiralização que vêm sofrendo desde o *leptóteno*. Identificam-se agora melhor as cromátides irmãs. Dá-se o nome de *cromátides homólogas* às cromátides de cromossomos diferentes. Cada par de cromossomos pareados recebe o nome de *bivalente*. Como os cromossomos estão duplicados cada bivalente é formado por quatro cromátides e recebe por isso o nome de *tétrade*. No *diplóteno* os cromossomos estão presos por pontos denominados *quiasmas*. A presença de quiasmas indica a ocorrência (no *paquíteno* ou no *diplóteno*) de *crossing-over*. Este é a troca de pedaços entre cromátides homólogas, o que resulta na recombinação do material genético que as células-filhas receberão. Como as células-filhas em geral são de natureza reprodutiva, haverá o aparecimento de descendentes com material genético modificado. É portanto o *crossing-over* uma das causas de variabilidade da espécie. Na *diacinese* os quiasmas se terminalizam, ou seja, se deslocam em direção às extremidades dos cromossomos, permitindo que estes se separem.

Durante a prófase I, em células animais, os centríolos se duplicam e migram aos pólos. Formam-se o fuso e o áster. Desaparece o nucléolo. Começa a prometáfase I.

Na *prometáfase I* a espiralização cromossômica chega quase ao máximo. Desaparece a membrana nuclear e os cromossomos caem no citoplasma.

Na *metáfase I* os cromossomos, no máximo da espiralização, dispõem-se na região equatorial da célula. Estão presos ao fuso pelo centrômero. Note-se que *não há duplicação do centrômero* e por isso os cromossomos continuam na forma de cromátides.

Na *anáfase I* os cromossomos, ainda duplicados, migram aos pólos da célula.

Na *telófase I*, os cromossomos chegam aos pólos da célula. Praticamente não se desespiralizam. A membrana nuclear se reorganiza. Ocorre então a citocinese originando duas células haplóides. Nestas células os cromossomos se apresentam duplicados, na forma de cromátides.

### 3. Segunda divisão meiótica

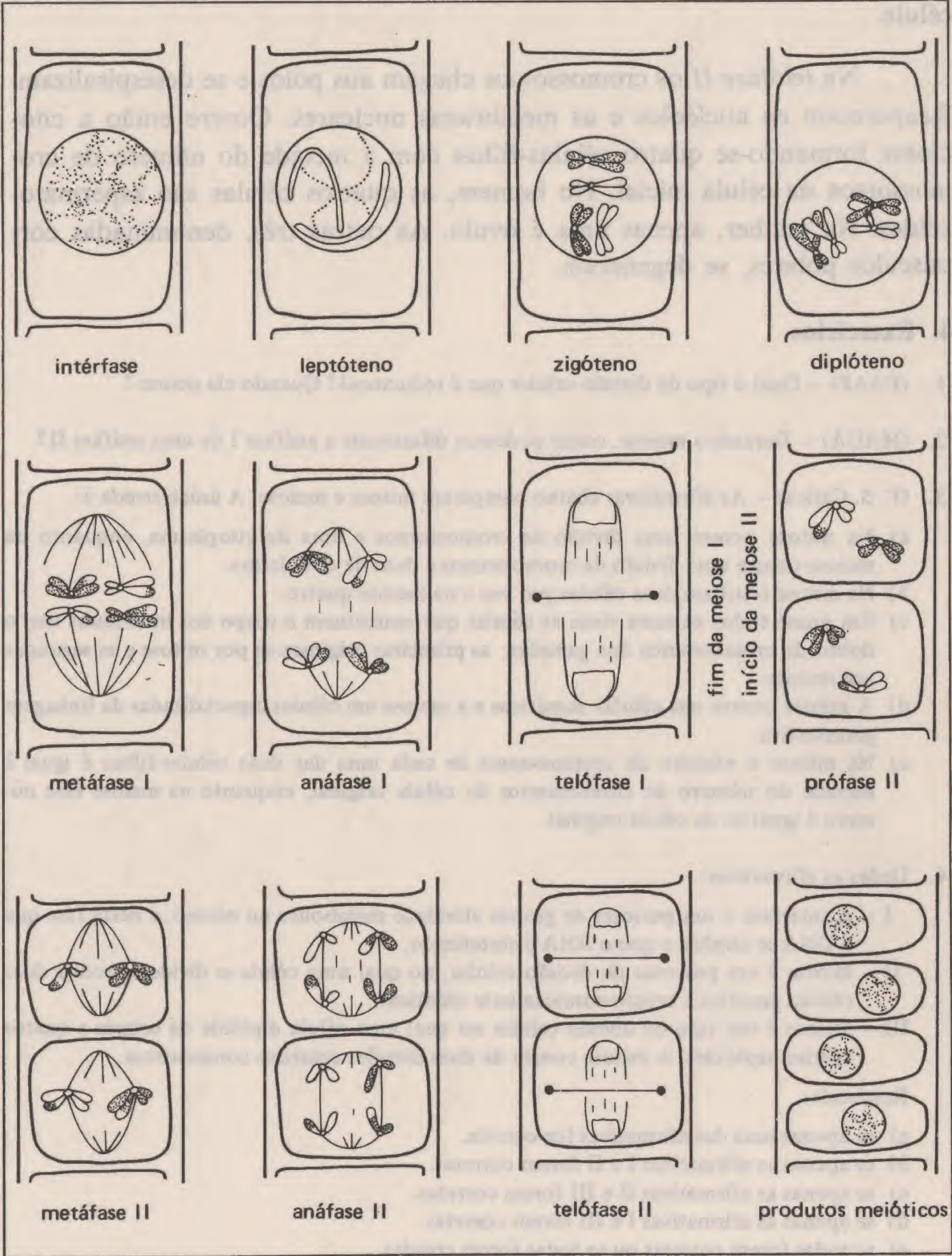
Após a intercinese tem início a segunda divisão da meiose.

A *prófase II* é curta. Os cromossomos, sob a forma de cromátides,



mantêm a espiralização observada na primeira divisão. Nas células animais os centríolos se duplicam e migram aos pólos. Aparecem o áster e o fuso.

Na *prometáfase II* a membrana nuclear se arrebenta e os cromosomos caem no citoplasma.



Meiose em células vegetais



Na *metáfase II* os cromossomos encontram-se na região equatorial da célula presos ao fuso pelo centrômero. Duplica-se o centrômero e os cromossomos voltam a ser filamentos simples, os cromonemas.

Na *anáfase II* os cromossomos-filhos migram aos pólos opostos da célula.

Na *telófase II* os cromossomos chegam aos pólos e se desespiralizam. Reaparecem os nucléolos e as membranas nucleares. Ocorre então a citocinese formando-se quatro células-filhas com a metade do número de cromossomos da célula inicial. No homem, as quatro células são espermatozóides. Na mulher, apenas uma é óvulo. As outras três, denominadas corpúsculos polares, se degeneram.

#### 4. Exercícios

1. (FAAP) – Qual o tipo de divisão celular que é reducional? Quando ela ocorre?
2. (MAUÁ) – Durante a meiose, como podemos diferenciar a anáfase I de uma anáfase II?
3. (F. S. Carlos) – As afirmativas abaixo comparam mitose e meiose. A única *errada* é:
  - a) Na mitose ocorre uma divisão de cromossomos e uma de citoplasma, enquanto na meiose ocorre uma divisão de cromossomos e duas de citoplasma.
  - b) Na mitose resultam duas células por vez e na meiose quatro.
  - c) Em quase todos os seres vivos as células que constituem o corpo dos indivíduos têm o dobro de cromossomos dos gametas: as primeiras originam-se por mitose e as segundas por meiose.
  - d) A mitose ocorre nas células somáticas e a meiose em células especializadas da linhagem germinativa.
  - e) Na mitose o número de cromossomos de cada uma das duas células-filhas é igual à metade do número de cromossomos da célula original, enquanto na meiose esse número é igual ao da célula original.

#### 4. Dadas as afirmativas:

- I – A intérfase é um período de grande atividade metabólica no núcleo; é nesta fase que o DNA se duplica e que o RNA é sintetizado.
- II – Mitose é um processo de divisão celular, no qual uma célula se divide e produz duas células genética e cromossomicamente idênticas.
- III – Meiose é um tipo de divisão celular no qual uma célula diplóide dá origem a quatro células haplóides. A meiose consta de duas divisões celulares consecutivas.

Responda:

- a) se apenas uma das afirmativas for correta.
- b) se apenas as afirmativas I e II forem corretas.
- c) se apenas as afirmativas II e III forem corretas.
- d) se apenas as afirmativas I e III forem corretas.
- e) se todas forem corretas ou se todas forem erradas.



5. (CESCEA) – A prófase da meiose tem sido dividida nas várias fases que ocorrem em seqüência:

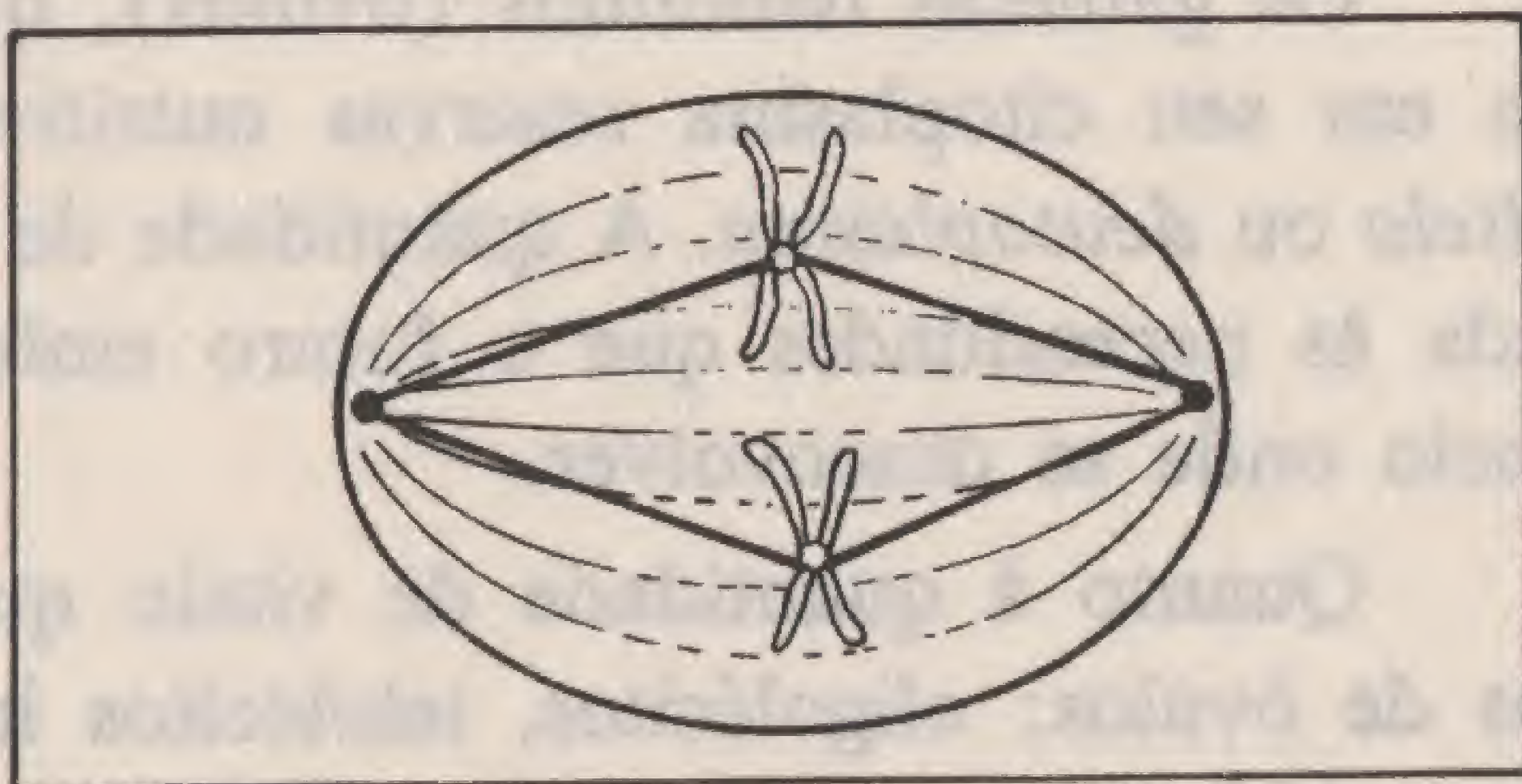
- a) zigóteno, leptóteno, diacinese, paquíteno, diplóteno.
- b) leptóteno, zigóteno, diplóteno, paquíteno, diacinese.
- c) leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno, diacinese.
- d) leptóteno, zigóteno, diplóteno, paquíteno, diacinese, paráfase.
- e) leptóteno, paquíteno, zigóteno, diplóteno, diacinese, paráfase.

6. O pareamento ou sinapse dos cromossomos homólogos, o aparecimento do quiasma e a terminalização dos mesmos ocorrem, respectivamente:

- a) no leptóteno, no zigóteno e no paquíteno.
- b) no zigóteno, no paquíteno e no diplóteno.
- c) no zigóteno, no diplóteno e na diacinese.
- d) no zigóteno, no paquíteno e no leptóteno.
- e) no leptóteno, no paquíteno e no diplóteno.

7. (CESCEA) – A figura representa:

- a) Anáfase I
- b) Metáfase mitótica
- c) Paráfase mitótica
- d) Telófase I
- e) Prófase mitótica



8. (Med. Taubaté) – Assinale a frase errada, com relação à meiose:

- a) Os cromossomos já entram duplicados na prófase I.
- b) A formação dos bivalentes ocorre no paquíteno.
- c) A permutação nada mais é do que a troca de segmentos entre cromátides irmãs.
- d) O quisma, figura observada no diplóteno, é consequência da permutação.
- e) Na metáfase I, a placa equatorial está formada por pares de cromossomos.

9. (CESCEM) – “Crossing-over” é:

- a) troca de partes entre cromossomos homólogos.
- b) a ligação de genes que ficam no mesmo cromossomo.
- c) a mistura de material genético de duas espécies.
- d) a formação de poliplóides.
- e) o cruzamento entre espécies diferentes.

10. (F. Estácio de Sá-RJ) – Ao número simples de cromossomos de uma célula, resultante de processo meiótico, denominamos:

- a) poliplóide
- b) diplóide
- c) haplóide
- d) homozigoto
- e) heterozigoto



# Desenvolvimento Embrionário

## 1. Introdução

A embriologia é a parte da biologia que estuda o desenvolvimento do embrião. Vimos que através da meiose os animais produzem gametas. Quando os gametas masculino e feminino se unem forma-se a *célula-ovo* ou *zigoto*. Começa então o desenvolvimento embrionário, o zigoto inicia o caminho para dar origem a um novo ser.

Os gametas femininos (óvulos), quando de sua formação, armazenam em seu citoplasma reservas nutritivas que em conjunto constituem o *vitelo* ou *deutoplasma*. A quantidade de vitelo presente nos óvulos é adequada às necessidades que o futuro embrião apresentará de acordo com o meio onde se desenvolver.

Quanto à quantidade de vitelo que possuem distinguem-se quatro tipos de óvulos: oligolécitos, telolécitos incompletos, telolécitos completos e centrolécitos.

Os *óvulos oligolécitos*, *isolécitos* ou *alécitos* são pobres em vitelo e este se distribui de modo uniforme em seu citoplasma. Encontram-se em mamíferos, equinodermas e protocordados. Nos mamíferos recebem a denominação *metalécitos*.

Os *óvulos telolécitos incompletos*, *heterolécitos* ou *mediolécitos* possuem quantidade média de vitelo e apresentam polaridade. O vitelo concentra-se mais num pólo do óvulo, denominado *pólo vegetativo*. No outro pólo, denominado *pólo animal*, encontra-se o núcleo e há pouco vitelo. São os óvulos de anelídios, moluscos e anfíbios.

Os *óvulos telolécitos completos* ou *megalécitos* têm grande quantidade de vitelo e polaridade nítida. O pólo vegetativo possui apenas vitelo. No pólo animal existem apenas o núcleo e o citoplasma. São os óvulos de moluscos cefalópodes, peixes, répteis e aves.

Os *óvulos centrolécitos* têm vitelo localizado em seu centro separando o citoplasma em duas partes: uma central, ao redor do núcleo, e outra periférica. São os óvulos dos artrópodes.

Os animais, dado possuírem óvulos diferentes, apresentam diferenças em seu desenvolvimento embrionário. Contudo, para todos o desenvol-



vimento embrionário passa por períodos de sucessão semelhantes. Assim é que o desenvolvimento começa pela *fecundação*. A ela se segue a *segmentação* que é a divisão do ovo até a formação do estágio de blástula. Segue-se a *gastrulação* que é o desenvolvimento até a formação do estágio de gástrula. E, finalmente, há a *organogênese*, período em que se formam os órgãos do animal.

Como exemplo de desenvolvimento embrionário, discutiremos o caso do anfioxo.

## 2. Embriologia do anfioxo

O anfioxo é um animal pertencente ao grupo dos protocordados e é considerado um ancestral dos vertebrados. Sua embriologia pode ser dividida em três fases: segmentação, gastrulação e fase de nêurula.

### Segmentação

*Segmentação* ou *clivagem* é a divisão do ovo até a formação da blástula. Há dois tipos de segmentação: a total e a parcial. A *total* ou *holoblástica* é a divisão total da célula-ovo. Ocorre nos ovos de pouco vitelo (oligolécitos e heterolécitos). A *parcial* ou *meroblástica* é a divisão de apenas uma parte (o pólo animal) da célula-ovo. Ocorre em ovos que possuem muito vitelo (megalécitos e centrolécitos).

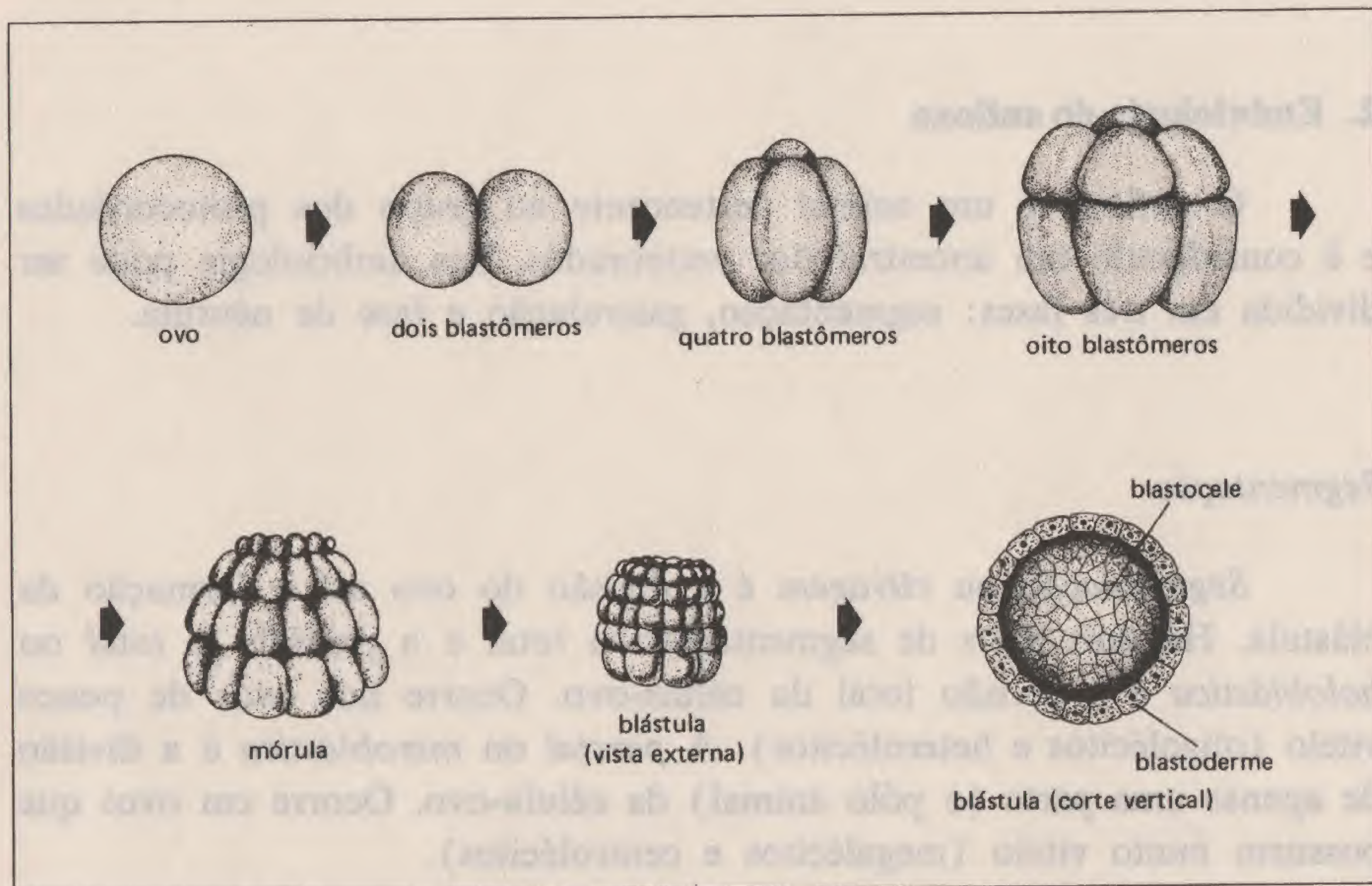
A segmentação do ovo oligolécito do anfioxo é total, quase igual e radial. É quase igual porque as células formadas durante a segmentação (denominadas blastômeros) têm quase o mesmo tamanho. É radial porque observa-se alternância de divisões em planos horizontais e verticais a partir do ovo.

De início, o ovo sofre duas divisões verticais, originando quatro blastômeros. A terceira divisão é horizontal, subequatorial e perpendicular aos planos das duas primeiras. Originam-se oito células. Como a divisão foi subequatorial os blastômeros resultantes têm diferentes tamanhos. Aos menores dá-se o nome de micrômeros e, aos maiores, macrômeros. A partir



daí seguem-se divisões até atingir-se o estágio de trinta e dois blastômeros denominado *mórula*. A medida que as divisões continuam surge entre os blastômeros uma cavidade cheia de líquido.

O final da segmentação é a formação da *blástula*. Esta se caracteriza pela presença de uma camada de células, a *blastoderme*, envolvendo uma cavidade a *blastocèle*. A blastoderme apresenta-se constituída por micrômeros na região do pólo animal e macrômeros na região do pólo vegetativo.

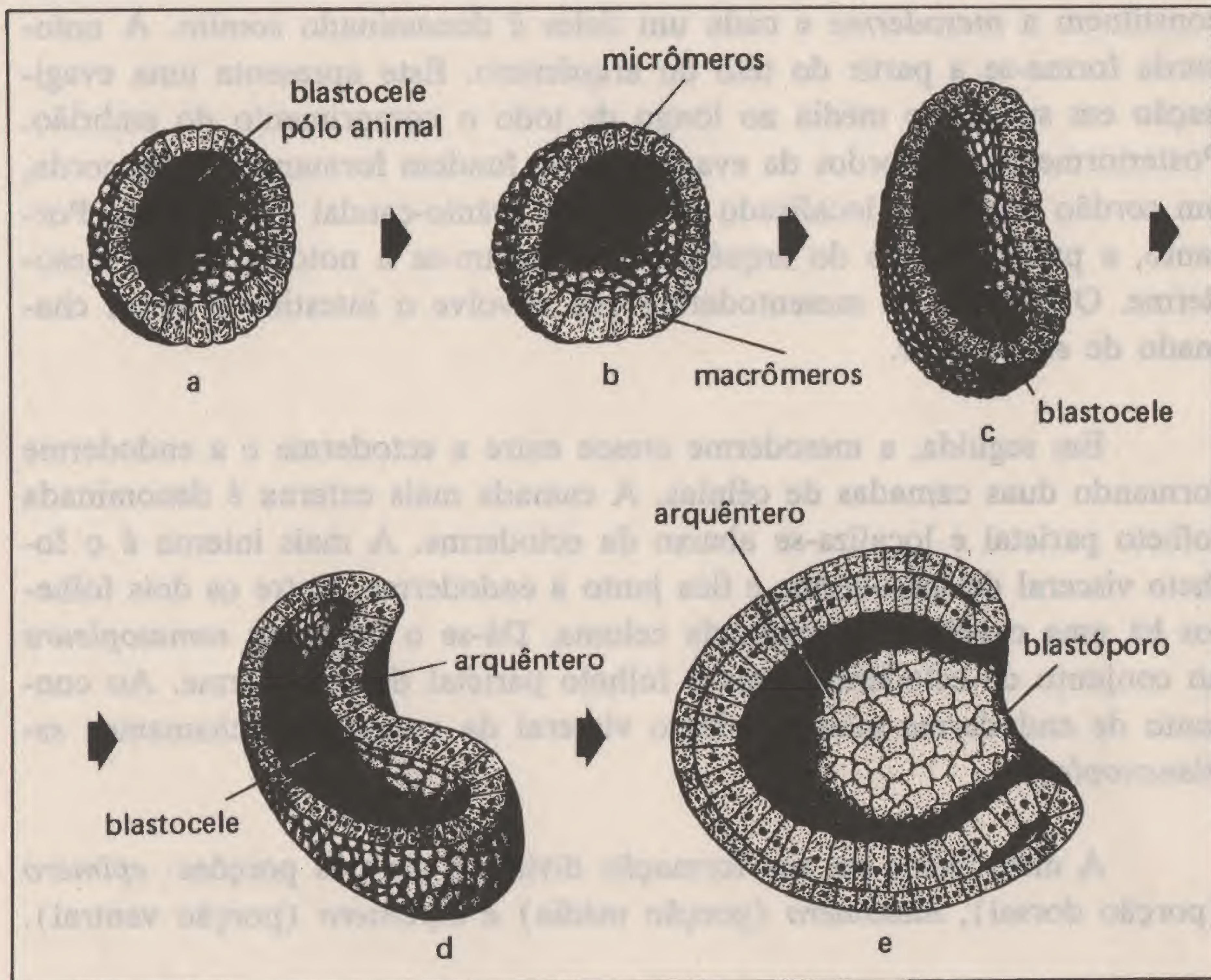


### Gastrulação

A gastrulação resulta de modificações sofridas pela blástula. No anfioxo o pólo vegetativo se invagina e os macrômeros invadem a blastocèle, migrando em direção aos micrômeros. Com isso a blastocèle acaba sendo obliterada e surge uma nova cavidade delimitada pelos macrômeros. Trata-se do *arquêntero*, intestino primitivo do embrião, que se comunica com o meio externo através de uma boca primitiva, o *blastóporo*. A gás-trula formada consiste numa dupla camada de células envolvendo o arquêntero. A camada externa, constituída por micrômeros, é a *ectoderme*. A interna, constituída por macrômeros, é a *mesentoderme*. Esta originará nas fases seguintes a mesoderme e a endoderme, daí o seu nome.



O processo de gastrulação do anfioxo em que o pólo vegetativo se invagina e oblitera a blastocele é denominado *embolia*. Em outros animais como anfíbios a blastocele é virtual e não pode haver invaginação. Por isso, os micrômeros dividem-se ativamente e envolvem os macrômeros que acabam por se situar internamente. Esse processo de gastrulação é a *epibolia*. Nos vertebrados superiores as células da blástula migram para o interior da blastocele. As células tornam-se livres e dispõem-se, em seguida, para constituir os folhetos internos. Esse processo é denominado *imigração*.



### Fase de nêurula

Na fase de nêurula ocorre a formação do tubo neural, o aparecimento da notocorda e a formação da endoderme e mesoderme a partir da mesentoderme.

O *tubo neural* forma-se a partir das células da ectoderme da região dorsal do embrião. Essa região sofre um achatamento e espessamento denominado *placa neural*. Em seguida, os bordos da placa neural se elevam e



formam as dobras neurais. Essas crescem para cima e se unem passando a constituir o *tubo neural* em cujo interior há um canal denominado *neurocele*.

A *notocorda* e a *mesoderme* se formam simultaneamente ao aparecimento do tubo neural. Quando a ectoderme dorsal forma a placa neural observa-se o surgimento de evaginações nas regiões laterais ao teto do arquêntero. Essas evaginações crescem e, após separar-se, fundem seus bordos formando blocos celulares nas regiões laterais do embrião. Os blocos constituem a *mesoderme* e cada um deles é denominado *somito*. A notocorda forma-se a partir do teto do arquêntero. Este apresenta uma evaginação em sua parte média ao longo de todo o comprimento do embrião. Posteriormente, os bordos da evaginação se fundem formando a notocorda, um cordão compacto localizado na direção crânio-caudal do embrião. Portanto, a partir do teto do arquêntero formaram-se a notocorda e a mesoderme. O restante da mesentoderme que envolve o intestino é agora chamado de *endoderme*.

Em seguida, a mesoderme cresce entre a ectoderme e a endoderme formando duas camadas de células. A camada mais externa é denominada folheto parietal e localiza-se abaixo da ectoderme. A mais interna é o folheto visceral da mesoderme e fica junto à endoderme. Entre os dois folhetos há uma cavidade denominada celoma. Dá-se o nome de *somatopleura* ao conjunto de ectoderme mais o folheto parietal da mesoderme. Ao conjunto de endoderme mais o folheto visceral da mesoderme chamamos *esplanchnopleura*.

A mesoderme em sua formação divide-se em três porções: *epímero* (porção dorsal), *mesômero* (porção média) e *hipômero* (porção ventral).

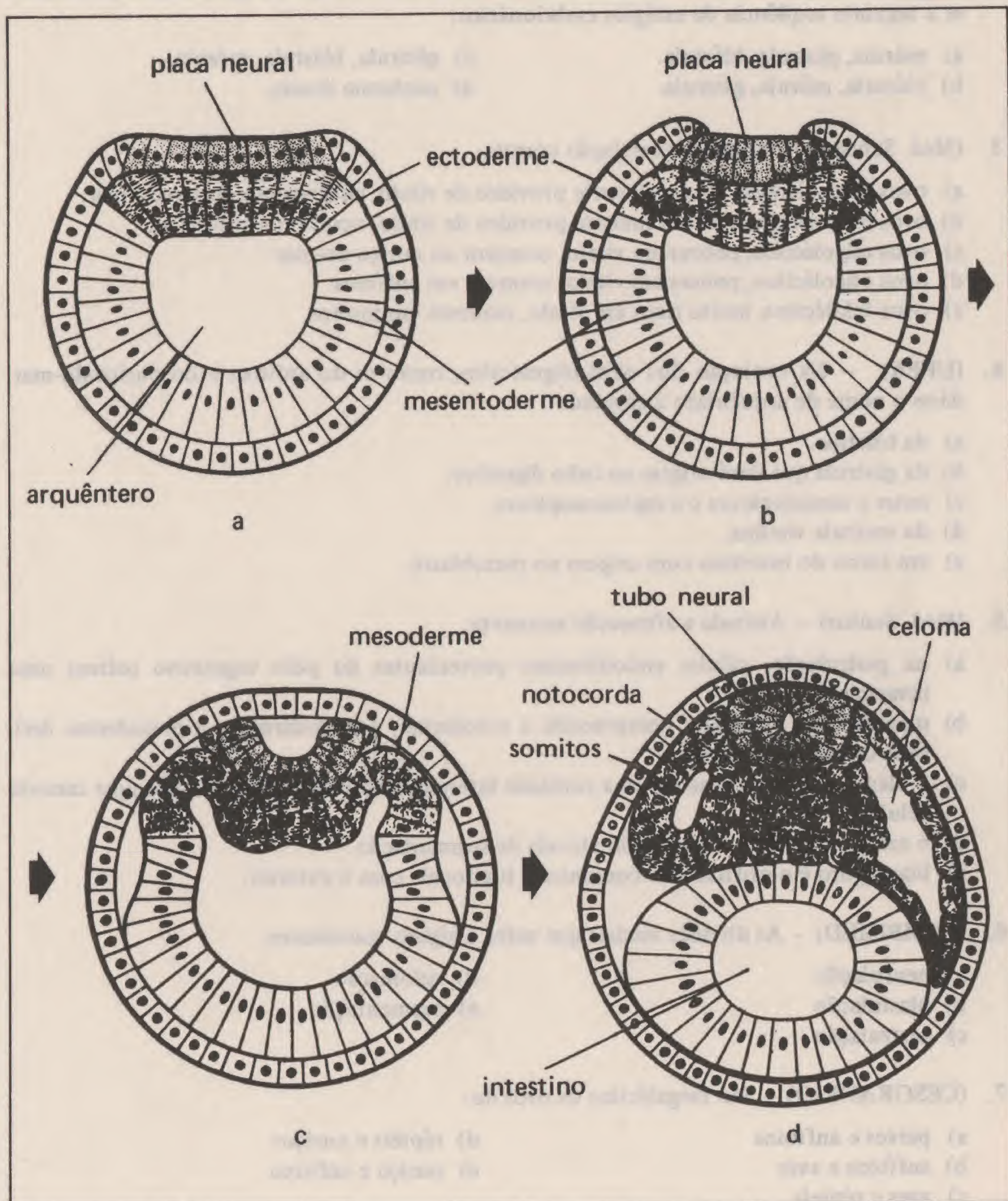
Durante o desenvolvimento o embrião adquiriu três camadas celulares: ectoderme, endoderme e mesoderme. Essas camadas são denominadas *folhetos germinativos*. É a partir deles que se diferenciam as várias estruturas do organismo animal.

Quanto ao número de folhetos germinativos os animais podem ser classificados em *diblásticos* e *triblásticos*. Um animal diblástico é o que forma apenas ectoderme e mesoderme. Já os triblásticos chegam a formar, além da ectoderme e da endoderme, a mesoderme.



Os animais podem também ser classificados quanto à evolução do blastóporo. Se o blastóporo der origem ao ânus, o animal é dito *deuterostômio*. Se der origem à boca diz-se que o animal é *protostômio*.

Finalmente, os animais são classificados quanto à presença ou ausência de celoma sendo ditos, respectivamente, *celomados* e *acelomados*. Alguns animais são ditos *pseudocelomados* por terem a cavidade do corpo não totalmente revestida pela mesoderme.





### 3. Exercícios

1. (Ouro Preto) — Os ovos que contêm pequena quantidade de vitelo, uniformemente distribuído pelo citoplasma, denominam-se:
  - a) telolécitos
  - b) alécitos
  - c) deutolécitos
  - d) oligolécitos
  - e) miolécitos
2. (UnB) — Na espécie humana, após a fecundação do óvulo pelo espermatozóide, observa-se a seguinte seqüência de estágios embrionários:
  - a) mórula, gástrula, blástula.
  - b) blástula, mórula, gástrula.
  - c) gástrula, blástula, mórula.
  - d) nenhuma dessas.
3. (Med. Santos) — Assinale a correlação correta:
  - a) ovos heterolécitos, razoavelmente providos de vitelo, ocorrem no ouriço-do-mar.
  - b) ovos heterolécitos, razoavelmente providos de vitelo, ocorrem nos insetos.
  - c) ovos oligolécitos, pobres em vitelo, ocorrem no ouriço-do-mar.
  - d) ovos oligolécitos, pobres em vitelo, ocorrem em anfíbios.
  - e) ovos telolécitos, muito ricos em vitelo, ocorrem em insetos.
4. (UFPA) — Na evolução dos ovos oligolécitos, como os do anfioxo e do ouriço-do-mar, dá-se o nome de arquêntero à cavidade:
  - a) da blástula.
  - b) da gástrula que dará origem ao tubo digestivo.
  - c) entre a somatopleura e a esplancnopleura.
  - d) da vesícula vitelina.
  - e) em torno do intestino com origem no mesoblasto.
5. (Med. Santos) — Assinale a afirmação incorreta:
  - a) na gastrulação, células endodérmicas provenientes do pólo vegetativo sofrem uma invaginação.
  - b) uma gástrula completa compreende a ectoderme, a endoderme e a mesoderme derivada da zona marginal.
  - c) a blástula típica apresenta uma cavidade interna (blastocoele) envolvida por uma camada celular.
  - d) o estágio da blástula é atingido através de segmentação.
  - e) blastóporo é o orifício que comunica a blastocoele com o exterior.
6. (COMBIMED) — As divisões iniciais que sofre o zigoto constituem:
  - a) neurulação
  - b) blastulação
  - c) gastrulação
  - d) celomação
  - e) segmentação
7. (CESGRANRIO) — São megalécitos os ovos de:
  - a) peixes e anfíbios
  - b) anfíbios e aves
  - c) aves e répteis
  - d) répteis e ouriços
  - e) ouriço e anfioxo



8. (Fund. Lusíada) – Assinale a correlação correta:

- a) ovos heterolécitos, razoavelmente providos de vitelo ocorrem no ouriço-do-mar.
- b) ovos heterolécitos, razoavelmente providos de vitelo, ocorrem nos insetos.
- c) ovos oligolécitos, pobres em vitelo, ocorrem no ouriço-do-mar.
- d) ovos oligolécitos, pobres em vitelo, ocorrem em anfíbios.
- e) ovos telolécitos, muito ricos em vitelo, ocorrem em insetos.

9. (CESCEM) – Um óvulo com quantidade média de vitelo distribuída irregularmente, ficando o núcleo deslocado para um dos pólos da célula pode ser de:

- a) anfíbio e sofreria clivagem meroblástica.
- b) anfíbio e sofreria clivagem holoblástica desigual.
- c) ave e sofreria clivagem holoblástica desigual.
- d) anfíbio e sofreria clivagem holoblástica igual.
- e) equinodermos e sofreria clivagem holoblástica igual.

10. (Mogi) – Associe as duas colunas para responder este teste:

- |                    |     |                                     |
|--------------------|-----|-------------------------------------|
| I – oligolécitos   | ( ) | a) ovo com bastante vitelo          |
| II – telolécitos   | ( ) | b) ovo que se segmenta totalmente   |
| III – holoblástica | ( ) | c) ovo que se segmenta parcialmente |
| IV – meroblástica  | ( ) | d) figura embrionária               |
| V – gástrula       | ( ) | e) ovo com pouco vitelo             |

Agora responda:

- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| a) I.a; II.b; III.c; IV.d; V.e | d) I.c; II.a; III.b; IV.d; V.e |
| b) I.b; II.c; III.e; IV.a; V.d | e) I.d; II.c; III.b; IV.e; V.a |
| c) I.e; II.a; III.b; IV.c; V.d |                                |

11. (COMBIMED) – Assinale a afirmativa correta:

- a) Na mórula, os blastômeros atingem sempre dimensões maiores do que as da célula ovo que lhes deu origem.
- b) O ovo dos sapos possui muito vitelo e é de segmentação incompleta e desigual.
- c) O ovo de aves possui muito vitelo e tem segmentação completa e igual.
- d) O ovo do anfíbio tem pouco vitelo e é de segmentação completa e aproximadamente igual.
- e) O ovo de ouriço-do-mar é extraordinariamente rico em vitelo tendo segmentação incompleta.

12. (Fund. Lusíada) – Assinale a afirmação *incorreta*:

- a) na gastrulação, células endodérmicas provenientes do pólo vegetativo sofrem uma invaginação.
- b) uma gástrula completa compreende a ectoderme, a endoderme e a mesoderme derivada da zona marginal.
- c) a blástula típica apresenta uma cavidade interna (blastocelo) envolvida por uma camada celular.
- d) o estágio de blástula é atingido através de segmentação.
- e) o blastóporo é o orifício que comunica a blastocelo com o exterior.



# Organogênese e Anexos Embrionários

## 1. Organogênese

Durante o desenvolvimento embrionário formam-se três folhetos germinativos: ectoderme, endoderme e mesoderme. É a partir dos folhetos que se formam os órgãos do animal, processo denominado *organogênese*. O destino dos três folhetos é igual em todos os vertebrados originando-se as estruturas do seguinte modo:

*Ectoderme* — A ectoderme forma o revestimento externo do embrião (epiderme e anexos, cristalino do olho, esmalte dos dentes, lobo anterior da hipófise) e o tubo neural (cérebro, medula espinhal e gânglios).

*Mesoderme* — A mesoderme é dividida em *epímero*, *mesômero* e *hipômero*. O *epímero* origina a derme, a musculatura estriada e o esqueleto axial. O *mesômero* dá origem ao aparelho urogenital. O *hipômero* consiste em somatopleura e esplancnopleura. A somatopleura dá origem à musculatura visceral, pericárdio e apêndices. A esplancnopleura forma a musculatura lisa, o miocárdio, o endocárdio e o endotélio dos vasos.

*Endoderme* — A partir da endoderme formam-se o tubo digestivo e glândulas anexas (fígado e pâncreas), o aparelho respiratório (pulmões e fendas branquiais) e o revestimento interno da bexiga urinária.

## 2. Anexos embrionários

São membranas especiais formadas por extensão dos três folhetos germinativos. Formam-se a partir da somatopleura e da esplancnopleura. Lembremos que a somatopleura é formada por ectoderme mais folheto parietal da mesoderme. E que a esplancnopleura é formada pela endoderme mais o folheto visceral da mesoderme.

Os anexos embrionários dos vertebrados são: saco vitelínico, alantóide, âmnio e córion. Nos mamíferos, exclusivamente, há um quinto anexo, a placenta.

### *Saco vitelínico*

Forma-se a partir da esplancnopleura que cresce recobrimdo todo o vitelo. Posteriormente, o intestino do embrião comunica-se com o saco vitelínico por um canal vitelínico. É por esse canal que o vitelo chega ao embrião.



O saco vitelínico tem função nutritiva e existe em todos os vertebrados. É contudo o único anexo encontrado em peixes e anfíbios.

### Alantóide

Também formado a partir da esplancnopleura. É uma evaginação do intestino do embrião que cresce e acaba por soldar-se ao córion.

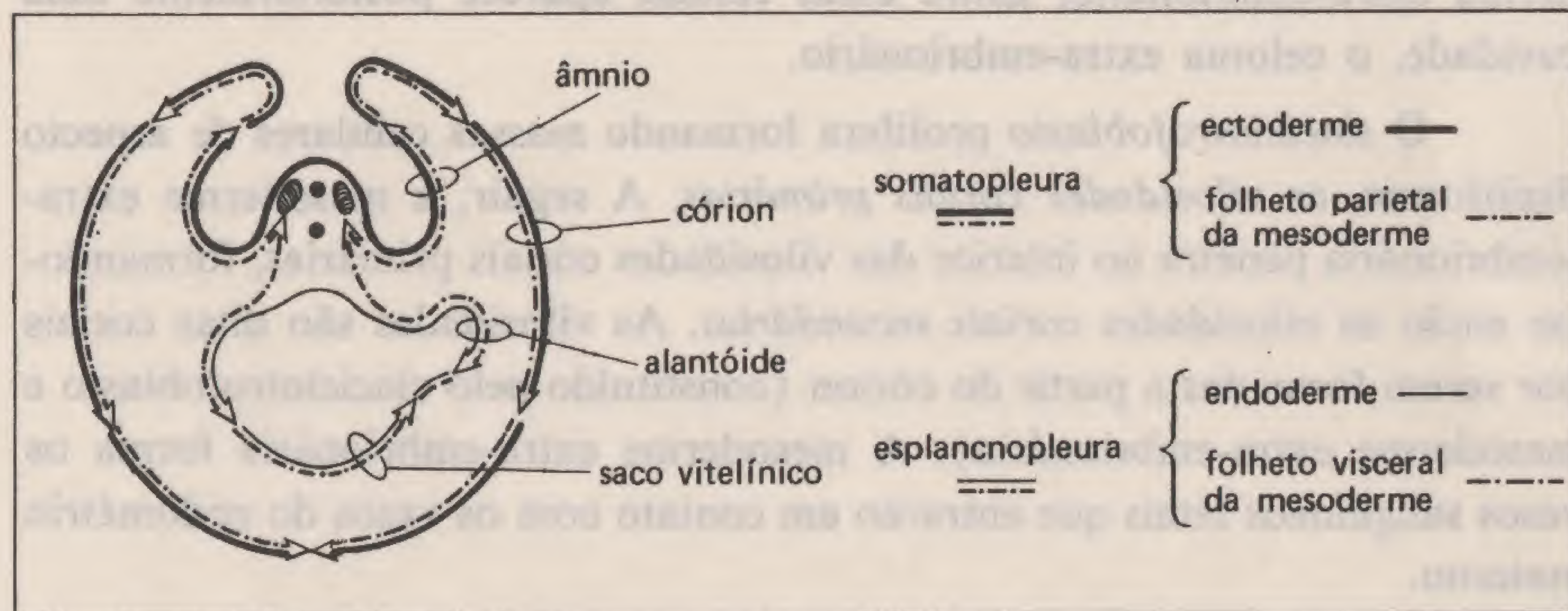
O alantóide tem função respiratória e excretora. Existe em répteis, aves e mamíferos.

### Âmnio

Forma-se a partir da somatopleura que cresce ao redor do embrião, envolvendo-o completamente e formando a chamada bolsa amniótica. Esta possui em seu interior o líquido amniótico cuja função é proteger o embrião contra choques mecânicos e desidratação. O âmnio existe em répteis, aves e mamíferos.

### Córion

O córion ou serosa é também formado a partir da somatopleura. Esta, após formar o âmnio, continua o seu crescimento formando o córion que recobre todas as demais estruturas. É encontrado em répteis, aves e mamíferos.



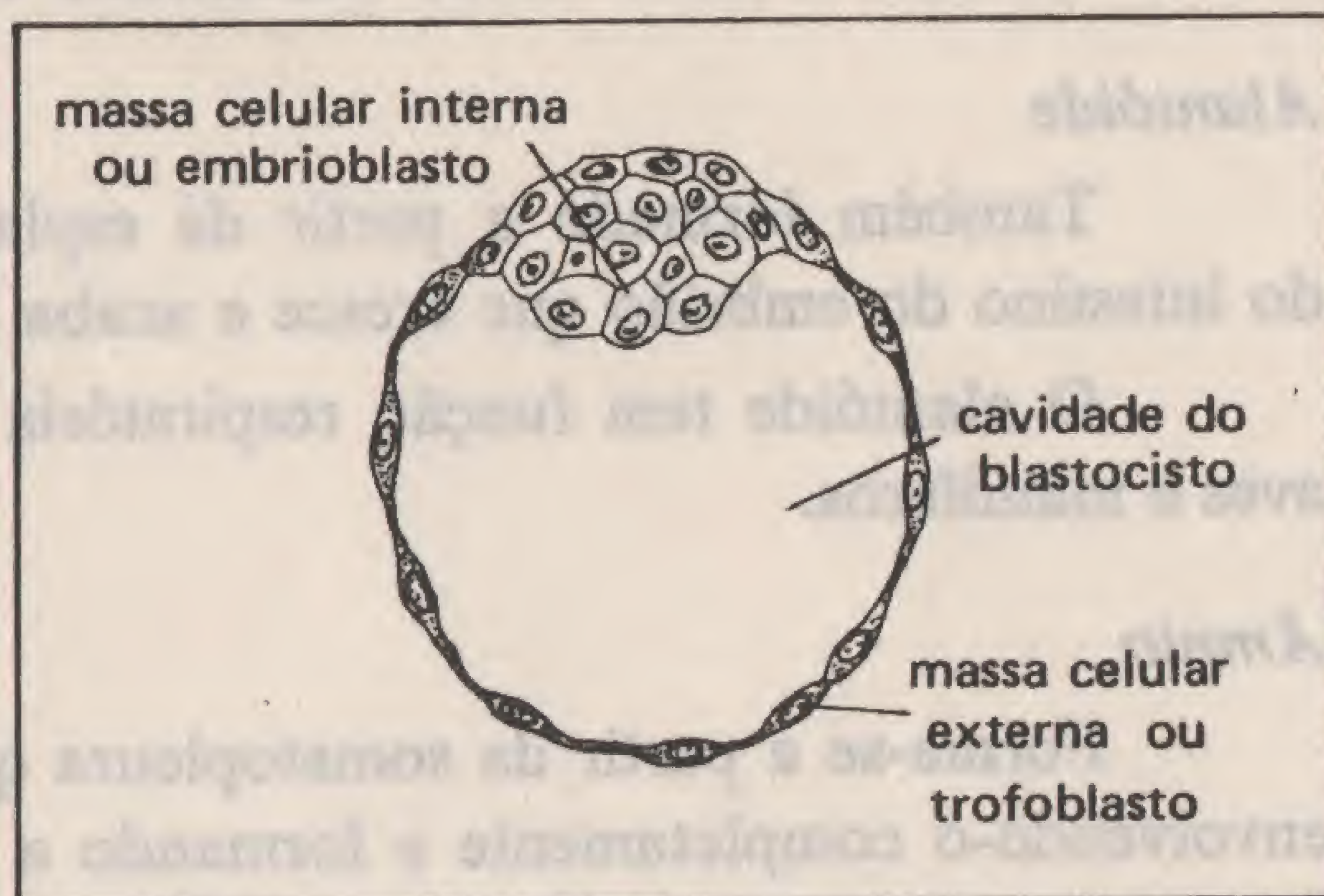
Formação de anexos embrionários em aves. As setas indicam o movimento da somatopleura e esplancnopleura no sentido da formação dos anexos.

## 3. A placenta

É um anexo exclusivo de mamíferos. O estudo de sua formação requer conhecimento prévio de alguns detalhes da embriologia de mamíferos que passamos a discutir.



O ovo de mamíferos é do tipo metalécito e sofre segmentação holoblástica ou total. A segmentação termina com a formação da blástula aqui chamada *blastocisto*. O blastocisto é formado por duas partes: o embrioblasto ou massa celular interna e o trofoblasto ou massa celular externa. O embrioblasto dará origem ao embrião e o trofoblasto à placenta. O blastocisto implanta-se ao endométrio da parede uterina. É a nidadação. Uma vez implantado, observa-se que as células



Blastocisto humano com 4 dias e meio

do *embrioblasto* diferenciam-se em duas camadas celulares: ectoderme e endoderme. As células da ectoderme se desenvolvem e acabam por delimitar uma cavidade surgida entre as células da massa celular interna, a cavidade amniótica. Abaixo da endoderme surge outra cavidade, o saco vitelínico. O *trofoblasto* também diferencia-se em duas camadas celulares. A camada externa é denominada sinciciotrofoblasto e a interna citotrofoblasto. O *citotrofoblasto* apresenta uma separação de células que constituem o mesoderma extra-embriônico. Entre essas células aparece posteriormente uma cavidade, o celoma extra-embriônico.

O *sinciciotrofoblasto* prolifera formando massas celulares de aspecto digitiforme, as *vilosidades coriais primárias*. A seguir, a mesoderme extra-embriônica penetra no interior das vilosidades coriais primárias, formando-se então as *vilosidades coriais secundárias*. As vilosidades são ditas coriais por serem formadas a partir do córion (constituído pelo sinciciotrofoblasto e mesoderme extra-embriônica). A mesoderme extra-embriônica forma os vasos sangüíneos fetais que entrarão em contato com os vasos do endométrio materno.

Estabelece-se assim a circulação placentária. Não há comunicação direta entre os vasos maternos e fetais, ocorrendo troca de substâncias.

Ligando o embrião à placenta há o cordão umbilical. Este possui duas artérias que levam o sangue venoso do feto à placenta e uma veia que transporta sangue arterial da placenta ao feto.

São funções da placenta a nutrição, a respiração e a excreção fetal. Por isso, o saco vitelínico é vestigial e o alantóide é pouco desenvolvido em



mamíferos. O alantóide tem por função orientar o desenvolvimento dos vasos alantoidianos, mais tarde denominados vasos umbilicais.

4. Exercícios

1. Qual das alternativas da tabela abaixo apresenta corretamente as estruturas derivadas dos folhetos embrionários indicados?

	ECTODERME	MESODERME
a)	sistema nervoso	sistema muscular
b)	pele	sistema nervoso
c)	sistema muscular	sistema nervoso
d)	sistema muscular	pele
e)	sistema nervoso	pele

2. (FEI) – Qual é o significado do aparecimento dos anexos embrionários no desenvolvimento dos répteis, aves e mamíferos?

3. (Med. Santos) – Em mamíferos, aves e répteis, o alantóide:

- a) se forma como um divertículo do tubo digestivo.
- b) desenvolve-se muito durante todo o processo embrionário.
- c) pode acumular reservas alimentícias.
- d) serve para absorver o cálcio necessário à formação do embrião.
- e) nenhuma das citadas.

4. A placenta consiste em:

- a) um tecido que forma um saco que envolve o embrião.
- b) um cordão que liga o embrião ao corpo da mãe.
- c) um líquido onde flutua o embrião.
- d) uma cavidade onde fica o feto.
- e) uma membrana que concrece com a parede uterina.

5. (ABC) – Considerando-se somente o alantóide e o âmnio dos embriões de galinha e humano, a função de reter resíduos nitrogenados sólidos, não-difusíveis, é normalmente executada apenas pelo:

- a) alantóide do embrião de galinha.
- b) alantóide do embrião humano.
- c) âmnio do embrião de galinha.
- d) âmnio do embrião humano.
- e) âmnio do embrião de galinha e alantóide do embrião humano.

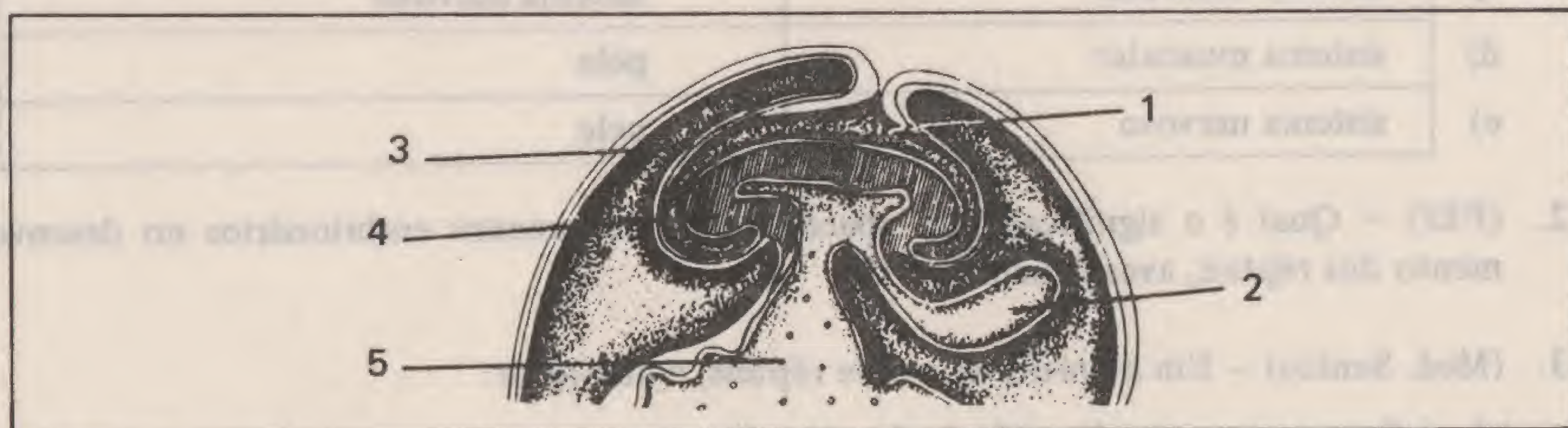
6. (COMBIMED) – Assinale a alternativa correta:

- a) todos os tecidos epiteliais são de origem mesodérmica.
- b) todos os tecidos conjuntivos são de origem endodérmica.
- c) os tecidos nervosos são de origem endodérmica.
- d) todos os tecidos musculares são de origem ectodérmica.
- e) o sangue é de origem mesodérmica.



7. (PUCSP) – São estruturas derivadas da ectoderme:
- aparelho urogenital, esqueleto axial, tubo digestivo.
  - medula espinhal, epiderme, adeno-hipófise.
  - medula espinhal, esqueleto axial, epiderme.
  - medula espinhal, tubo digestivo, músculos lisos.
  - epiderme, cérebro, aparelho urogenital.
8. (Med. Santos) – Evolutivamente, os anexos embrionários representam uma adaptação às condições de:
- vida terrestre
  - fecundação interna
  - grande estatura dos organismos
  - curto período de gestação
  - fecundação externa

(CESCEM) – Questões 9 a 13.



9. A seta número 1 aponta:
- placenta
  - cavidade amniótica
  - alantóide
  - cavidade coriônica
  - saco vitelínico
10. A seta número 2 aponta uma formação cuja função é:
- acumular reserva nutritiva
  - acumular produto de excreção
  - acumular ar
  - acumular líquido amniótico
  - acumular líquido celomático
11. A seta número 3 aponta uma formação constituída por:
- ectoderme e mesoderme
  - ectoderme e endoderme
  - mesoderme
  - mesoderme e endoderme
  - ecto, endo e mesoderme
12. A seta número 4 aponta:
- alantóide
  - saco vitelínico
  - âmnion
  - córion
  - embrião
13. A seta número 5 aponta:
- feto
  - alantóide
  - cavidade amniótica
  - saco vitelínico
  - cavidade coriônica



# A Primeira Lei de Mendel

I. Introdução

A genética é o ramo das ciências biológicas que estuda a hereditariedade e suas relações com o meio ambiente.

De acordo com os princípios hereditários, as características dos organismos são transmitidas de uma geração para a seguinte. A hereditariedade é o processo pelo qual as características dos organismos são passadas de pais para filhos.

A genética tem por finalidade estudar o processo de transmissão das características dos organismos e a maneira como elas se manifestam.

As bases da genética são a hereditariedade e a variação. A hereditariedade é o processo pelo qual as características dos organismos são passadas de pais para filhos.

A variação é o processo pelo qual as características dos organismos mudam de uma geração para a seguinte. A variação pode ser causada por fatores ambientais ou por fatores hereditários.

A hereditariedade e a variação são os dois aspectos da genética. A hereditariedade é o processo pelo qual as características dos organismos são passadas de pais para filhos.

A variação é o processo pelo qual as características dos organismos mudam de uma geração para a seguinte. A variação pode ser causada por fatores ambientais ou por fatores hereditários.

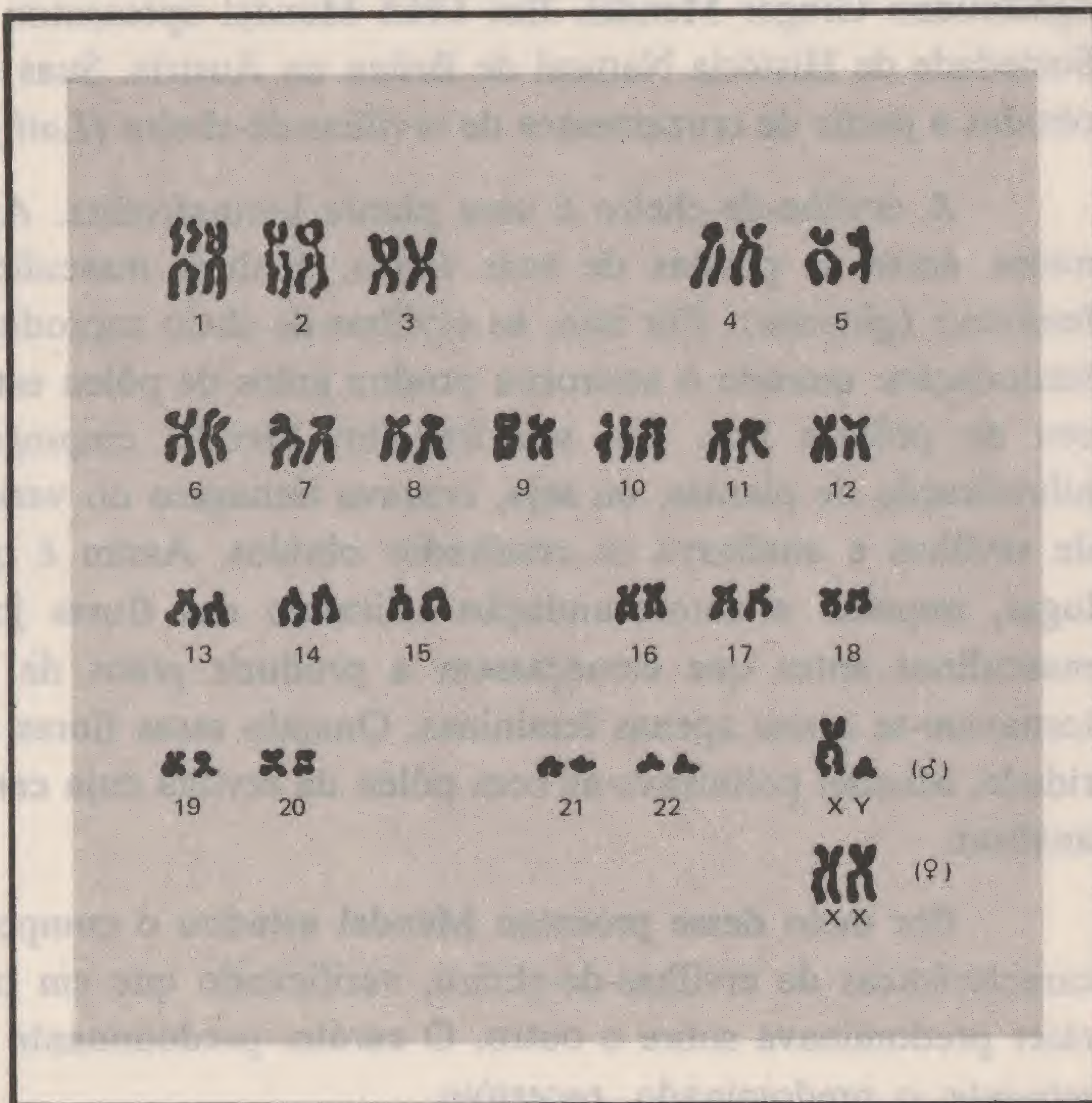
A hereditariedade e a variação são os dois aspectos da genética. A hereditariedade é o processo pelo qual as características dos organismos são passadas de pais para filhos.

A variação é o processo pelo qual as características dos organismos mudam de uma geração para a seguinte. A variação pode ser causada por fatores ambientais ou por fatores hereditários.

A hereditariedade e a variação são os dois aspectos da genética. A hereditariedade é o processo pelo qual as características dos organismos são passadas de pais para filhos.

## GENÉTICA E EVOLUÇÃO

# 2





# *A Primeira Lei de Mendel*

---

## **1. Introdução**

A genética é o ramo das ciências biológicas que estuda a hereditariedade e suas relações com o meio ambiente.

Sabemos hoje que os caracteres hereditários são determinados pelos genes. Estes são responsáveis pelos caracteres presentes num indivíduo e em seus descendentes.

A genética tem por finalidade estudar o processo de transmissão dos genes à descendência e o modo pelo qual determinam o aparecimento dos caracteres hereditários.

As bases da genética moderna foram estabelecidas pelo monge agostiniano Gregor Mendel. Em 1865 Mendel apresentou seus trabalhos à Sociedade de História Natural de Brünn na Áustria. Suas conclusões foram obtidas a partir de cruzamentos de ervilhas-de-cheiro (*Lathyrus sp*).

A ervilha-de-cheiro é uma planta hermafrodita. Apresenta, aprisionados entre as pétalas de suas flores, genitais masculino (androceu) e feminino (gineceu). Por isso, as ervilhas-de-cheiro reproduzem-se por autofecundação: quando o androceu produz grãos de pólen estes caem no gineceu da própria flor. Em seu trabalho Mendel empregou a técnica da hibridização de plantas, ou seja, cruzava linhagens ou variedades diferentes de ervilhas e analisava os resultados obtidos. Assim é que, em primeiro lugar, impedia a autofecundação retirando das flores jovens os genitais masculinos antes que começassem a produzir grãos de pólen. As flores tornavam-se assim apenas femininas. Quando essas flores atingiam a maturidade, Mendel polinizava-as com pólen da ervilha cuja característica queria analisar.

Por meio desse processo Mendel estudou o comportamento de sete características de ervilhas-de-cheiro, verificando que em todas elas um caráter predominava sobre o outro. O caráter predominante foi chamado *dominante*; o predominado, *recessivo*.



## 2. Um cruzamento mendeliano

Uma das características estudadas por Mendel foi a “cor da semente” das ervilhas.

Mendel cruzou ervilhas de sementes *amarelas*, consideradas puras por serem obtidas por autofecundação natural, com ervilhas de sementes *verdes*, também puras. Esta primeira geração é denominada *parental* e simbolizada pela letra P.

Como resultado obteve na geração seguinte, simbolizada por  $F_1$  (filhos da primeira geração), apenas ervilhas de sementes *amarelas*.

Em seguida deixou que os indivíduos da geração  $F_1$  se autofecundassem naturalmente. Obteve assim os filhos da segunda geração, simbolizados por  $F_2$ .

Na geração  $F_2$  encontrou 8023 descendentes assim distribuídos: 6022 eram ervilhas de sementes amarelas e 2001 ervilhas de sementes verdes. Ou seja, há em  $F_2$  uma proporção de 3 ervilhas de sementes amarelas para 1 de sementes verdes ou 75% para 25%.

Observando que todos os indivíduos da primeira geração de descendentes apresentavam sementes amarelas, e que provinham do cruzamento de linhagens puras amarela e verde, Mendel denominou a característica amarela de *dominante*. Para o caráter verde reservou o termo *recessivo*, pois essa característica permanecia em recessão na geração  $F_1$ .

Para explicar a proporção obtida na segunda geração de descendentes, Mendel elaborou a hipótese de que as características hereditárias são determinadas por fatores ou elementos que não se misturam. Concluiu ainda que: “cada característica é determinada por um par de fatores ou elementos. Estes se separam ou segregam-se entre si durante a formação dos gametas, indo apenas um fator para cada gameta. Ocorrida a união dos gametas, esses fatores voltam a se juntar reconstituindo o par”.

Esta é a *primeira lei de Mendel* ou *lei da segregação*, ou ainda *lei da pureza dos gametas*.

Hoje sabemos que os fatores propostos por Mendel são os *genes alelos*. Por isso, com base nos atuais conhecimentos biológicos, podemos enunciar a primeira lei de Mendel da seguinte forma:

“Cada caráter é condicionado por um par de genes alelos que se segregam entre si, com a mesma probabilidade, na formação dos gametas, indo apenas um gene para cada gameta.”

O experimento mendeliano aqui apresentado pode ser esquematizado.



letra, *maiúscula*, representará o fator dominante".

mento mendeliano proposto inizialmente:

geração Parental (P)	semente amarela "pura"	x	semente verde "pura"
----------------------	---------------------------	---	-------------------------

“pura” “pura”

$$\left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \begin{array}{c} \text{VV} \\ \text{---} \\ \text{VV} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{VV} \\ \text{---} \\ \text{VV} \end{array}$$

$\left. \begin{array}{l} \text{VV} \\ \text{VV} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{VV} \\ \text{VV} \end{array}$

gameta (g) V  $\downarrow$  v

$$V_v$$

ervilha amarela

Filhos da primeira geração (F <sub>1</sub> )	V <sub>v</sub>	x	V <sub>v</sub>
--	----------------	---	----------------

Filhos da primeira geração (F1)

	(g)	1	1	1	1
--	-----	---	---	---	---

Filhos da segunda geração ( $F_2$ )	♀	1	1
-------------------------------------	---	---	---

$\begin{array}{c} \nearrow \\ \delta \end{array}$	$\frac{1}{2} V$	$\frac{1}{2} v$
$\frac{1}{2} V$	$\frac{1}{4} VV$ amarela	$\frac{1}{4} Vv$ amarela
$\frac{1}{2} v$	$\frac{1}{4} Vv$ amarela	$\frac{1}{4} vv$ verde

### 3. Terminologia utilizada em genética

A seguir apresentamos alguns termos utilizados em genética.

*Genes alelos* — Como dissemos, os fatores mendelianos atualmente são denominados genes. Os genes localizam-se nos cromossomos. Dá-se o nome de *locus* (plural: *loci*) ao lugar do cromossomo onde está o gene. Sabemos que os cromossomos se distribuem aos pares. São os pares de cromossomos homólogos das células diplóides. Dois genes que ocupam o mesmo *locus* em cromossomos homólogos são ditos alelos. Cada par de genes alelos determina um caráter segundo a primeira lei de Mendel.

**Genótipo** — É o conjunto de genes que um indivíduo recebe e trans-



mite hereditariamente. É o patrimônio genético do organismo. No cruzamento mendeliano anteriormente apresentado, VV, Vv e vv são genótipos. Na geração F<sub>2</sub> a relação genotípica (proporção de genótipos) obtida foi: 1 VV: 2 Vv: 1 vv.

*Fenótipo* — É o aspecto externo de um indivíduo, o conjunto de suas características biológicas aparentes. O fenótipo é o resultado da interação do genótipo com o meio ambiente. No cruzamento mendeliano anteriormente apresentado as cores amarela e verde de sementes de ervilha são fenótipos. A relação fenotípica (proporção de fenótipos) obtida na geração F<sub>2</sub> foi 3 amarelas: 1 verde.

*Fenocópia* — É a imitação de um fenótipo por meios exclusivamente ambientais. Como exemplo podemos citar a oxigenação dos cabelos.

*Caráter* — É todo e qualquer aspecto morfológico e fisiológico de um indivíduo. Cor de olhos, tipos de cabelos, cor e forma de sementes de ervilhas são caracteres.

*Homozigoto* — É o indivíduo que apresenta genes iguais formando o par de alelos para a característica em estudo. No cruzamento mendeliano anteriormente apresentado os genótipos VV e vv são de indivíduos homozigotos.

*Heterozigoto* — É o indivíduo que apresenta genes diferentes, formando o par de alelos para a característica em estudo. No cruzamento apresentado, a ervilha amarela de F<sub>1</sub> — Vv — serve como exemplo de heterozigoto ou “híbrido”.

*Monoibridismo* — É o cruzamento entre indivíduos quando se considera apenas um par de genes alelos. Serve como exemplo qualquer cruzamento baseado na primeira lei de Mendel.

#### 4. Probabilidades em genética

Em genética a solução da maioria dos problemas envolve conhecimentos sobre o cálculo de probabilidades.

A probabilidade (P) de um certo acontecimento (x) ocorrer é dada pelo quociente entre os resultados favoráveis (R) e o número total de resultados possíveis e igualmente prováveis. Portanto:  $P(x) = \frac{R}{n}$ . Esta definição pode ser ilustrada por algumas questões simples:

— Qual é a probabilidade de se obter o evento “cara” no lançamento de uma moeda? Ao lançarmos uma moeda há dois resultados possí-



veis e igualmente prováveis: “cara” e “coroa”. O resultado favorável neste caso é a ocorrência apenas do evento “cara”. Logo a probabilidade será:

$$P(\text{cara}) = \frac{1}{2}.$$

— Qual é a probabilidade de se obter, no cruzamento mendeliano anteriormente apresentado, descendentes de cor verde na geração  $F_2$ ?

Vimos que na geração  $F_2$  do cruzamento referido obteve-se uma proporção de 3 ervilhas de sementes amarelas para 1 de sementes verdes. Há portanto quatro resultados possíveis. Como somente um deles é favorável a resposta é:  $P = \frac{1}{4}$ .

*Produto de probabilidades* — Há problemas de genética que envolvem o cálculo da probabilidade de ocorrência de eventos independentes. *Eventos independentes* são aqueles que podem ocorrer simultaneamente. Logo, a ocorrência de um não impede que os outros aconteçam. O cálculo probabilístico dos eventos independentes é feito pelo uso da *regra do produto* ou *regra do “e”* que afirma:

“A probabilidade de que ocorram simultaneamente dois ou mais eventos independentes é dada pelo *produto* das probabilidades de cada evento em separado.”

Assim, se perguntarmos: qual a probabilidade de ao lançarmos simultaneamente um dado e uma moeda obtermos os eventos 1 no dado e coroa na moeda?

A probabilidade de obter-se o evento número 1 no lançamento de um dado é igual a  $\frac{1}{6}$ . A probabilidade de obter-se o evento coroa no lançamento de uma moeda é igual a  $\frac{1}{2}$ . A probabilidade de que ambos ocorram simultaneamente é dada pelo produto das probabilidades de cada evento em separado. Assim:  $P = \frac{1}{6} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{12}$ .

*Adição de probabilidades* — Há problemas em genética que envolvem o cálculo da probabilidade de ocorrência de eventos mutuamente exclusivos. *Eventos mutuamente exclusivos* são aqueles em que a ocorrência de um implica na não-ocorrência dos outros, ou seja, se um acontece os outros não podem acontecer ao mesmo tempo. Para o cálculo probabilístico deste tipo de eventos, faz-se uso da *regra da soma* ou *regra do “ou”* que



afirma: “A probabilidade de ocorrerem dois ou mais eventos mutuamente exclusivos é dada pela *soma* das probabilidades de cada evento em separado”.

Assim se perguntarmos: qual a probabilidade de se obter “1” ou “5” num único lançamento de um dado cujas faces são numeradas de 1 a 6?

Os eventos “1” e “5” são mutuamente exclusivos uma vez que num único lançamento do dado não podem sair ao mesmo tempo. Neste caso, sabendo-se que  $P(1) = \frac{1}{6}$  e  $P(5) = \frac{1}{6}$  a probabilidade de ocorrência de “1” ou “5” será dada pela soma das probabilidades de cada um dos eventos em separado:

$$P(1 \text{ ou } 5) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}.$$

## 5. Exercícios

1. (FEI) Os termos homozigoto e genótipo fazem parte da nomenclatura básica em genética. Explique o que significam.
2. Em ervilhas, o caráter flor vermelha (B) é dominante em relação ao caráter flor branca (b). Realizar os cruzamentos abaixo indicados e determinar a proporção fenotípica e genotípica dos descendentes.  
a)  $P \{ BB \times bb$                       b)  $P \{ Bb \times Bb$                       c)  $P \{ Bb \times bb$
3. (FAAP) Dê um exemplo de retrocruzamento.
4. Cruzando-se ervilhas de sementes lisas com ervilhas de sementes rugosas obtém-se em  $F_1$ , somente ervilhas de sementes lisas. Deixando-se que essas ervilhas de  $F_1$  se autofecundem, obtém-se em  $F_2$  1000 descendentes. Determinar:  
a) o caráter dominante  
b) a proporção de genótipos da geração  $F_2$   
c) os fenótipos obtidos em  $F_2$  e o número esperado para cada um deles
5. Um senhor de olhos castanhos casa-se com uma senhora também de olhos castanhos. Esse casal tem um filho de olhos azuis. Determine:  
a) o caráter dominante  
b) os genótipos do casal  
c) a proporção de genótipos e fenótipos dos possíveis filhos desse casal  
d) a probabilidade do casal em questão ter um filho homem e de olhos castanhos
6. (FEI) Um homem de pigmentação normal, porém heterozigoto para albinismo, casa-se com uma mulher albina. Qual é a probabilidade de terem  
a) filhos normais?                      b) filhos albinos?
7. (FAAP) O que significa o termo “dominância” para os geneticistas?



8. (FEI) Um casal apresenta duas variedades de cabelo: cabelo não-ruivo (dominante R) e o cabelo ruivo (recessivo r). Sendo os dois homozigotos, como será o genótipo de seus descendentes imediatos?
9. (CESESP/PE) Se um rato cinzento, heterozigoto (Cc), for cruzado com uma fêmea do mesmo genótipo, e tiverem 16 descendentes, a proporção mais provável dos genótipos dessa descendência será:
- a) 4Cc : 8Cc : 4cc                      d) 4cc : 8cc : 4cc  
b) 4cc : 8CC : 4Cc                      e) 4CC : 8Cc : 4cc  
c) 4cc : 8Cc : 4cc
10. (UFSCAR) Que é fenótipo?
- a) é o conjunto de características decorrentes da ação do ambiente  
b) influi no genótipo, transmitindo a este as suas características  
c) é o conjunto de características decorrentes da ação do genótipo  
d) é o conjunto de características de um indivíduo  
e) é o conjunto de caracteres exteriores de um indivíduo
11. (CESESP/PE) O gene para o albinismo somente se *expressa quando está em par*, e situa-se no *mesmo locus* de cromossomos que *possuem cargas genéticas semelhantes*, sendo a cor da pele, o caráter normal, transmitida por um gene que se *expressa, mesmo em dose simples*. De acordo com as palavras grifadas, assinale o conceito que lhe parece correto, respectivamente:
- a) homólogos – alelos – recessivos – dominantes  
b) alelos – recessivos – alelos – homólogos  
c) recessivos – dominantes – alelos – homólogos  
d) recessivos – alelos – dominantes – homólogos  
e) recessivos – alelos – homólogos – dominantes
12. (Mogi) Ao conjunto das características biológicas aparentes de um indivíduo, dá-se o nome de:
- a) genótipo                                      d) mutação  
b) fenótipo                                      e) dominância  
c) somação
13. (PUCC) Fenocópia significa:
- a) ausência de dominância em relação a determinado par de genes  
b) “bagagem” gênica de um indivíduo  
c) característica morfológica proveniente da ação de um par de alelos  
d) fenótipos iguais condicionados por genótipos iguais  
e) n.d.a.
14. (PUC) Nos cromossomos homólogos, os genes correspondentes que atuam no mesmo caráter, e situam-se no mesmo loco, são denominados:
- a) heterozigotos                                      d) homólogos  
b) homozigotos                                      e) alelos  
c) politênicos



# Herança sem Dominância.

## Heredogramas

### 1. Herança sem dominância

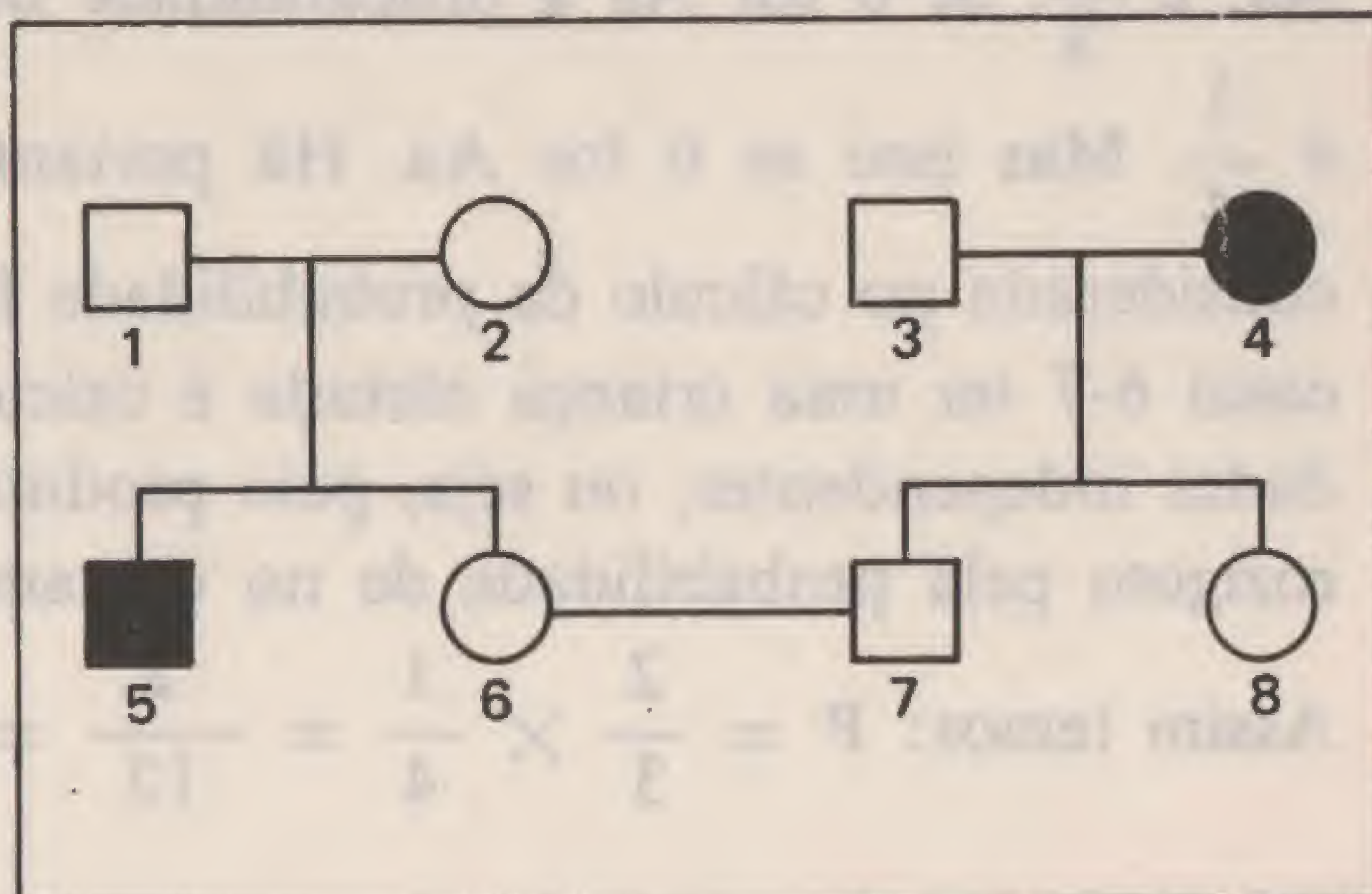
A herança sem dominância, herança intermediária, co-dominância, ou ainda monoibridismo sem dominância, é aquela cujos genes determinantes não apresentam relações de dominância e recessividade. Os genes que a determinam são ditos co-dominantes. Cada alelo é capaz de expressar-se, até certo grau, no indivíduo heterozigoto. Por isso, este indivíduo apresenta um fenótipo intermediário entre os fenótipos homozigóticos.

Como exemplo temos as flores da planta maravilha (*Mirabilis sp*), cuja cor pode ser vermelha ou branca. Cruzando-se as linhagens vermelha e branca (VV x BB), obtém-se, em F<sub>1</sub>, plantas cujas flores são róseas (VB). A autopolinização dos indivíduos de F<sub>1</sub> resulta numa geração onde 25% das plantas são vermelhas (VV), 50% róseas (VB) e 25% brancas (BB), estabelecendo-se a clássica proporção 1 : 2 : 1.

### 2. Heredogramas

Heredogramas, cartas genealógicas, ou ainda “pedigrees”, são representações de genealogias por meio de diagramas que permitem constatar o grau de parentesco entre os indivíduos. As representações são feitas por meio de símbolos. Habitualmente, as fêmeas são representadas por um círculo (ou pelo símbolo de Vênus — ♀) e os machos por quadrados (ou pelo símbolo de Marte — ♂). Os cruzamentos são representados por linhas horizontais entre os indivíduos. Os descendentes de um cruzamento são presos por uma linha vertical à linha dos genitores.

Os símbolos são marcados por cores. Em geral, os indivíduos afetados por uma anomalia são representados por símbolos escuros. Os normais são representados por símbolos claros. As gerações são numeradas por algaris-





mos romanos e os indivíduos de cada geração por algarismos arábicos. A numeração de indivíduos pode ser feita por geração ou pode ser consecutiva desde o primeiro até o último indivíduo da genealogia. Veja-se o heredograma da página anterior.

Se quisermos, neste heredograma, determinar os genótipos dos indivíduos, será necessário, em primeiro lugar, determinar se os indivíduos afetados exibem caráter dominante ou recessivo. Chega-se à conclusão ao encontrar-se um casal normal que teve um filho afetado, situação que indica ser o afetado recessivo. É o caso do casal 1-2 cujo filho, 5, é afetado e portanto portador de um caráter recessivo. A partir daí determina-se o genótipo de todos os indivíduos. Assim, se representarmos o gene dominante por  $A$  e o recessivo por  $a$ , teremos: indivíduos 4 e 5:  $aa$ ; indivíduos 1, 2, 7 e 8:  $Aa$ . Note-se que não é possível, com certeza, dizer-se o genótipo dos indivíduos 3 e 6.

Sabe-se apenas que ambos possuem o gene  $A$  e por isso são representados por  $A—$ , o traço indicando ser possível a presença de  $A$  ou  $a$ .

Em relação ao heredograma apresentado duas perguntas podem ser propostas. A primeira é: qual é a probabilidade de o indivíduo 6 ser heterozigoto? Para responder devemos considerar que o indivíduo 6, cujo genótipo é  $A—$ , é filho do casal 1-2 que apresentam os genótipos  $Aa$  e  $Aa$ . O cruzamento do casal 1-2 apresenta os seguintes resultados possíveis:  $AA$ ,  $Aa$ ,  $Aa$  e  $aa$ . Como o indivíduo 6 não é afetado exclui-se a possibilidade de ele ser  $aa$ . A probabilidade de 6 ser heterozigoto é portanto de  $\frac{2}{3}$ , pois há dois resultados favoráveis ( $Aa$ ,  $Aa$ ) em três possíveis ( $AA$ ,  $Aa$ ,  $Aa$ ).

A segunda pergunta é: qual é a probabilidade de o casal 6-7 ter uma criança afetada? O genótipo do indivíduo 7 é  $Aa$  mas o indivíduo 6 é  $A—$ . Para que o casal 6-7 possa ter uma criança  $aa$  é necessário que o indivíduo 6 seja  $Aa$ . Sabemos que a probabilidade de 6 ser heterozigoto,

$Aa$ , é  $\frac{2}{3}$ . Se 6 for  $Aa$  a probabilidade de o casal 6-7 ter uma criança  $aa$

é  $\frac{1}{4}$ . Mas isso se 6 for  $Aa$ . Há portanto uma condição que deverá ser considerada no cálculo da probabilidade final. Assim, a probabilidade de o casal 6-7 ter uma criança afetada é calculada pelo produto das probabilidades independentes, ou seja, pelo produto da probabilidade de 6 ser heterozigoto pela probabilidade de no cruzamento surgir uma criança afetada.

Assim temos:  $P = \frac{2}{3} \times \frac{1}{4} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$ .



### 3. Exercícios

1. Em um cruzamento de monoibridismo sem dominância vamos encontrar em  $F_2$ :
  - a) 2 fenótipos e 2 genótipos
  - b) 2 fenótipos e 3 genótipos
  - c) 1 fenótipo e 3 genótipos
  - d) 3 fenótipos e 2 genótipos
  - e) 3 fenótipos e 3 genótipos
2. Em monoibridismo sem dominância as relações genotípica e fenotípica em  $F_2$  são, respectivamente:
  - a) 3:1 e 3:1
  - b) 3:1 e 1:2:1
  - c) 1:2:1 e 1:2:1
  - d) 1:2:1 e 3:1
  - e) 2:1 e 2:1
3. (Med. Santo Amaro) Do primeiro cruzamento de um casal de ratos de cauda média nasceram dois ratinhos de cauda média, e um ratinho de cauda longa. Foram então feitas várias suposições a respeito da transmissão da herança desse caráter. Assinale a que lhe parecer mais correta:
  - a) cauda média é dominante sobre cauda longa
  - b) ambos os pais são homozigotos
  - c) ambos os pais são heterozigotos
  - d) cauda longa é dominante sobre cauda média
  - e) as suposições *a* e *c* são aceitáveis
4. (Med. Santo Amaro) Do segundo cruzamento do casal de ratos da questão anterior nasceram 4 ratinhos de cauda média, 1 de cauda longa e 2 sem cauda. Chegou-se então à conclusão:
  - a) cauda média é dominante
  - b) cauda longa é dominante
  - c) trata-se de herança sem dominância
  - d) ausência de cauda é recessivo
  - e) as suposições *a* e *c* são aceitáveis
5. (Med. Catanduva) Cruzando-se galo branco com uma galinha preta, sendo ambos homozigotos para seus respectivos caracteres e com ausência de dominância, obtêm-se em  $F_1$  100% de indivíduos azuis. Do cruzamento dos indivíduos de  $F_1$ , obtêm-se em  $F_2$  a seguinte relação fenotípica:
  - a) 25% pretos, 50% azuis e 25% brancos
  - b) 25% pretos, 25% azuis e 50% brancos
  - c) 25% brancos, 50% pretos e 25% azuis
  - d) 25% brancos e 75% pretos
  - e) 25% brancos e 75% azuis
6. (IMS) Nas galinhas de raça Minorca existe uma variedade conhecida pelos criadores por "Andaluza". Quando se cruzam galinhas desta classe entre si, produzem-se descendentes nas seguintes proporções: 1 branca, 2 azuladas, 1 preta. Que descendentes podemos esperar dos cruzamentos abaixo:

I – Azulada x Branca  
II – Preta x Azulada  
III – Branca x Preta

a) I – 50% pretas, 25% brancas, 25% azuladas  
II – 50% brancas, 50% pretas  
III – 25% brancas, 75% pretas



- b) I – 50% azuladas, 50% brancas  
II – 50% pretas, 50% azuladas  
III – 100% azuladas
- c) I – 50% pretas, 25% brancas, 25% azuladas  
II – 50% pretas, 50% brancas  
III – 75% azuladas, 25% pretas
- d) I – 75% azuladas, 25% brancas  
II – 100% pretas  
III – 75% pretas, 25% azuladas
- e) n.d.a.

7. (FGV) Duas plantas que produzem flores rosadas dão, quando cruzadas, 25% dos descendentes de flores brancas, 25% de flores vermelhas e 50% de rosadas.

Este resultado indica que se trata de um caso de

- a) polialelia  
b) epistasia  
c) herança qualitativa  
d) herança ligada ao sexo  
e) ausência de dominância

8. (Mogi) Uma planta de “boca-de-leão” de flores vermelhas e folhas largas foi cruzada com uma planta de flores brancas e folhas estreitas, resultando, em  $F_1$ , apenas plantas de flores róseas e folhas de largura intermediária.

Cruzando-se os  $F_1$  entre si, quantos fenótipos diferentes esperamos obter em  $F_2$ , sabendo-se que se trata de um caso de dominância incompleta?

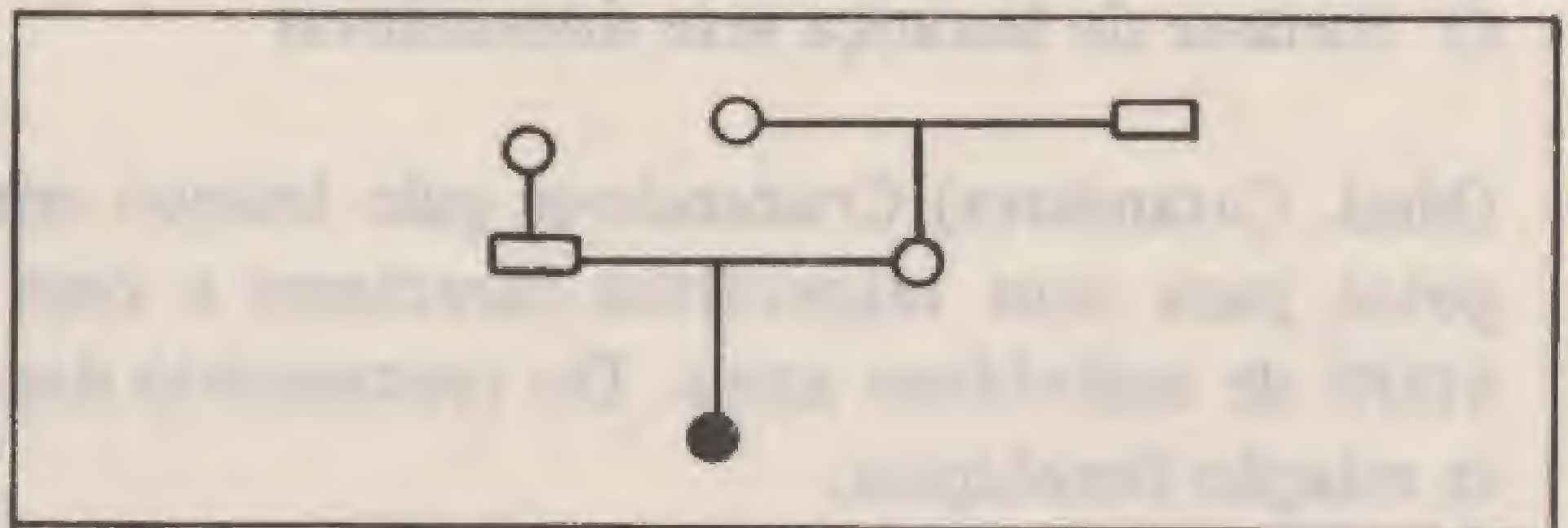
- a) 4  
b) 6  
c) 8  
d) 9  
e) 16

9. (CESESP/PE) A *Mirabilis jalapa*, uma flor vulgarmente conhecida por “maravilha”, apresenta plantas com flores vermelhas e plantas com flores brancas. Cruzadas entre si, a geração  $F_1$  dará flores de coloração rósea. Intercruzando-se os elementos dessa geração, na geração  $F_2$  aparecerão flores brancas, rosadas e vermelhas, na proporção de 1:2:1, respectivamente. De acordo com o enunciado, você pode concluir que se trata de um caso de:

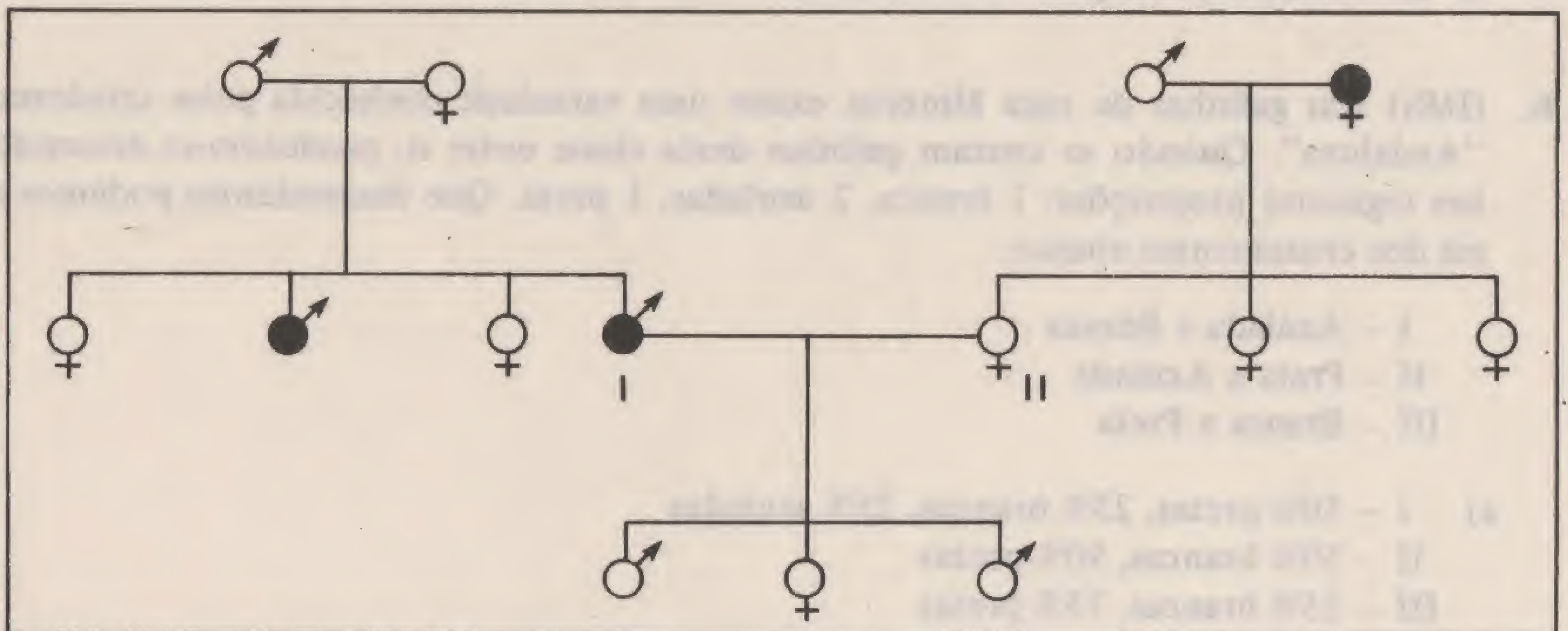
- a) polimeria  
b) interação gênica  
c) pleiotropia  
d) recessividade  
e) co-dominância

10. Na genealogia abaixo o caráter ● é:

- a) dominante  
b) recessivo  
c) não pode ser determinado



11. (CESCEM) O esquema abaixo representa a genealogia de uma família. Os símbolos escuros representam indivíduos albinos, e os claros, indivíduos de pigmentação normal.

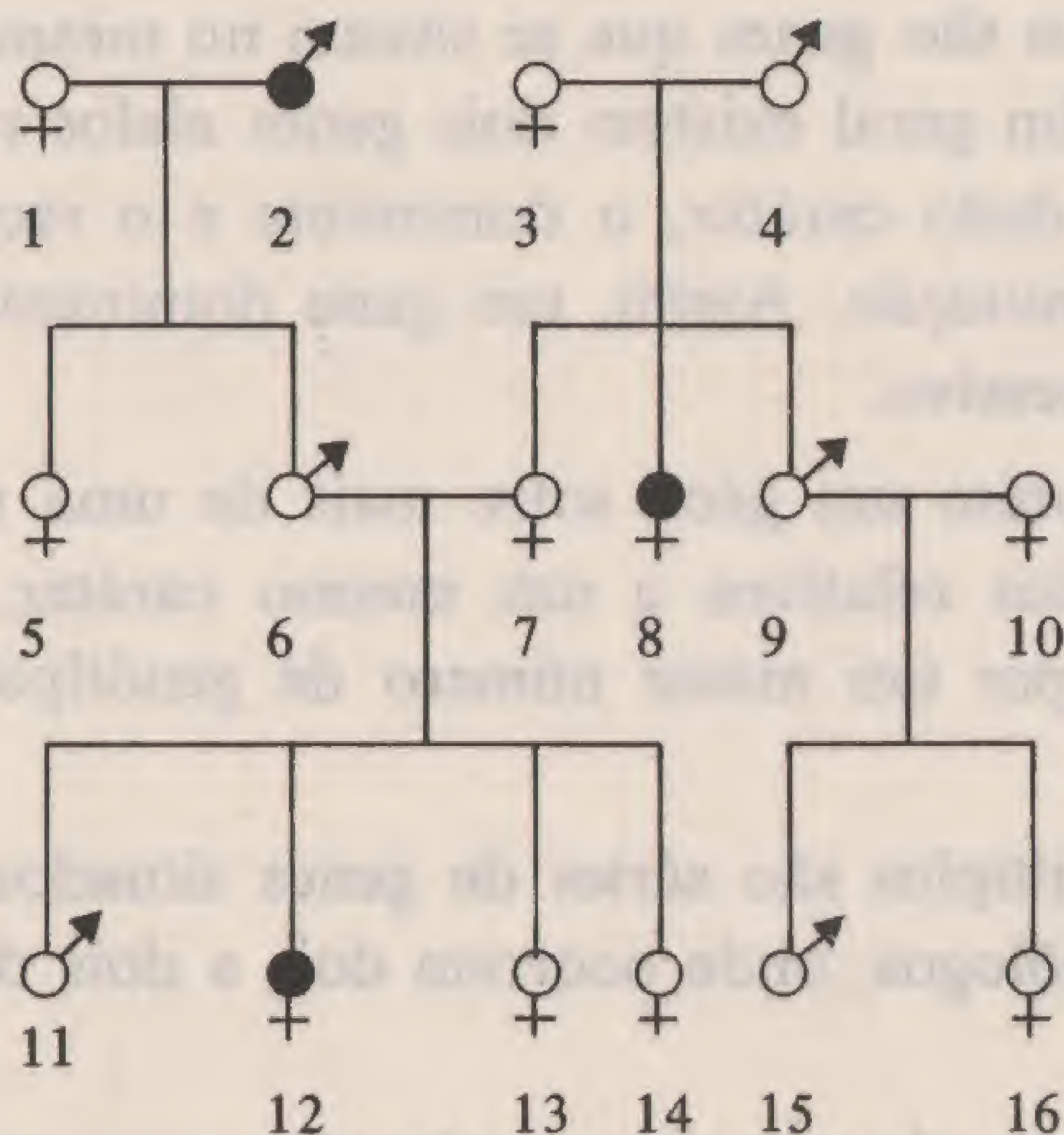




A probabilidade do casal I x II ter um filho albino é:

- 1/4, porque o casal já tem 3 filhos com pigmentação normal
- 1/4, porque o gene para albinismo é recessivo
- 1/2, porque 50% dos gametas da mulher transportam o gene recessivo
- nula, porque a mulher tem o gene dominante em homozigose
- imprevisível, porque a mulher tanto pode ser homozigota como heterozigota

A genealogia abaixo refere às questões 12, 13 e 14.



Os indivíduos que exibem um determinado caráter são indicados por círculos cheios, e os que não exibem caráter por círculos em branco.

- São obrigatoriamente heterozigotos os indivíduos:
  - 1, 3, 7, 15
  - 3, 4, 5, 7
  - 3, 5, 6, 9
  - 1, 6, 9, 14
  - 3, 4, 7, 9
- A probabilidade do indivíduo 11 não ser heterozigoto é:
  - 1
  - 3/4
  - 2/4
  - 1/4
  - 1/3
- No mesmo "pedigree", a probabilidade do casal 6-7 ter um filho do sexo masculino que exibia o caráter é:
  - 1/2
  - 1/4
  - 1/16
  - 1/8
  - 1/32



# Alelos Múltiplos

## 1. Introdução

Genes alelos são genes que se situam no mesmo *locus* em cromossomos homólogos. Em geral existem dois genes alelos responsáveis pelo aparecimento de um dado caráter, o dominante e o recessivo. A origem dos genes alelos é a *mutação*. Assim, um gene dominante sofre uma mutação e surge o gene recessivo.

Quando porém um gene sofre mais de uma mutação surgem mais de dois genes alelos relativos a um mesmo caráter, permitindo que este seja determinado por um maior número de genótipos. Falamos então em alelos múltiplos.

“Alelos múltiplos são séries de genes situados no mesmo *locus* em cromossomos homólogos, onde ocorrem dois a dois determinando um mesmo caráter.”

É importante observar que embora possam existir vários alelos relativos a um mesmo caráter, cada indivíduo possui apenas dois alelos da série constituindo o seu genótipo.

Estudaremos dois casos de herança do tipo alelos múltiplos: o da cor da pelagem em coelhos e o do sistema sanguíneo ABO.

## 2. Cor da pelagem em coelhos

Em coelhos há quatro fenótipos diferentes em relação à cor da pelagem: aguti ou selvagem, chinchila, himalaio e albino. O aguti é preto ou cinza-acastanhado. O chinchila é cinza-claro. O himalaio é branco com extremidades das patas, rabo, orelhas e focinho pretos. E o albino é totalmente branco.

O caráter cor da pelagem em coelhos é determinado por uma série de quatro genes alelos:

C — determina em homo ou heterozigose o fenótipo aguti ou selvagem. É dominante sobre os demais genes da série;

c<sup>ch</sup> — determina em homo ou heterozigose o fenótipo chinchila. É dominante sobre os genes para os fenótipos himalaio e albino;



$c^h$  — determina em homo ou heterozigose o fenótipo himalaio. É dominante sobre o gene que determina o fenótipo albino;

$c$  — determina em homozigose o fenótipo albino.

Esses alelos obedecem pois à seguinte ordem de dominância:  $C > c^h > c^h > c$ . Considerando que cada coelho terá no máximo dois dos alelos da série, podemos estabelecer os genótipos possíveis para cada um dos fenótipos. Assim, ao fenótipo aguti correspondem os genótipos:  $CC$ ,  $Cc^h$ ,  $Cc^h$  e  $Cc$ . O fenótipo chinchila apresenta os genótipos possíveis:  $c^hc^h$ ,  $c^hc^h$  e  $c^hc$ . O himalaio terá  $c^hc^h$  e  $c^hc$ . E o albino,  $cc$ .

### 3. O sistema ABO

Há no organismo humano um sistema de defesa capaz de reagir especificamente contra um determinado tipo de agente agressor. Trata-se do *sistema imunológico* que reage contra substâncias ou tecidos estranhos à espécie ou ao indivíduo. O sistema imunológico é acionado quando entra em contato com elementos estranhos denominados *antígenos*. A presença de antígenos, reconhecidos como estranhos, induz à produção de proteínas do tipo gamaglobulina denominadas *anticorpos*. Estes, uma vez produzidos, reagem especificamente contra os antígenos que provocaram a sua formação, neutralizando-os ou destruindo-os.

O homem possui antígenos em suas hemácias, leucócitos, plaquetas, proteínas do soro e na superfície das células que formam os tecidos do organismo. Note-se que um indivíduo em geral não produz anticorpos contra seus próprios antígenos.

Há vários tipos de reações entre antígenos e anticorpos. Quando, por exemplo, um antígeno faz parte de uma célula, a reação com o seu anticorpo específico pode causar aderência entre células (aglutinação) ou destruí-las. No sangue quando as hemácias de um indivíduo são postas em contato com o soro (parte líquida do sangue) de outro, pode, em certas ocasiões, ocorrer aglutinação.

A aglutinação do sangue é decorrente da reação entre substâncias denominadas aglutinogênios e aglutininas. *Aglutinogênios* são antígenos existentes nas hemácias sangüíneas. *Aglutininas* são anticorpos dissolvidos no soro. Podem causar aglutinação de hemácias desde que sejam de tipo contrário ao aglutinogênio que nelas se encontra.

Segundo Landsteiner, há nas hemácias do sangue humano dois tipos de aglutinogênios, designados por A e B. No soro há dois tipos de aglutininas, anti A e anti B. De acordo com o tipo de aglutinogênio encontrado



nas hemácias, as pessoas podem ser classificadas em quatro grupos sanguíneos quanto ao sistema ABO: A, B, AB e O.

Uma pessoa é do grupo A quando apresenta o aglutinogênio A em suas hemácias e a aglutinina anti B no soro. É do grupo B quando possui aglutinogênio B e aglutinina anti A. É AB se possuir aglutinogênios A e B em suas hemácias e não tiver aglutininas no soro; e finalmente é do grupo O quando não possui aglutinogênios A e B mas tem aglutininas anti A e anti B em seu soro.

Esses dados têm importância nos casos em que se fizer necessária uma transfusão de sangue. Numa transfusão deve-se, de preferência, utilizar sangue de um doador que pertença ao mesmo grupo sanguíneo do receptor. Contudo, quando isso não for possível, utiliza-se doador de sangue diferente “desde que o aglutinogênio existente em suas hemácias não encontre a aglutinina correspondente no sangue do receptor”.

Assim, por exemplo, um indivíduo do grupo B não poderá doar sangue a um receptor do grupo A por este possuir aglutinina anti B no seu soro.

Os indivíduos do grupo O são ditos doadores universais por não possuírem aglutinogênios em suas hemácias. Os indivíduos do grupo AB são ditos receptores universais porque, não possuindo aglutininas em seu soro, podem receber qualquer tipo de sangue.

A herança do sistema ABO é do tipo alelos múltiplos. Reconhecem-se três genes alelos:

$I^A$  — condiciona a produção de aglutinogênios A nas hemácias e de aglutininas anti B no soro;

$I^B$  — condiciona a presença de aglutinogênios B nas hemácias e de aglutininas anti A no soro;

i — em homozigose não condiciona a produção de aglutinogênios A e B, mas sim de aglutininas anti A e anti B.

Os genes  $I^A$  e  $I^B$  são co-dominantes, ou seja, quando juntos ambos expressam seus efeitos. Tanto  $I^A$  como  $I^B$  são dominantes sobre i. Assim podemos estabelecer o seguinte quadro de relações entre genótipos e fenótipos para o sistema ABO:

FENÓTIPOS	GENÓTIPOS
Grupo A	$I^A I^A, I^A i$
Grupo B	$I^B I^B, I^B i$
Grupo AB	$I^A I^B$
Grupo O	ii



4. Exercícios

1. (CESCEM) A ocorrência de vários alelos diferentes de um mesmo gene (alelos múltiplos) deve-se a:
- a) duplicação cromossômica

b) mutação

c) segregação

d) inversão

e) translocação

2. (UFMG) Em coelho, os alelos  $C$ ,  $c^h$  e  $c^a$  condicionam respectivamente, pelagem do tipo selvagem, do tipo himalaio e do tipo albino.  $C$  é dominante sobre  $c^h$  e  $c^h$  é dominante sobre  $c^a$ . Do cruzamento  $Cc^h \times c^h c^a$ , devemos esperar indivíduos com a pelagem albina na proporção:
- a) 0

b) 1/8

c) 1/4

d) 1/2

e) 3/4

- (UnB) Considere os dados abaixo para responder à questão 3.
- No coelho doméstico, os genes para a cor de pelagem evidenciam a relação de dominância  $C > c^{ch} > c^h > c^a$ , bem como a seguinte relação genótipo-fenótipo:
- $CC$  → pelagem normal (aguti)

$c^{ch}c^{ch}$  → pelagem toda cinza claro (chinchila)

$c^h c^h$  → pelagem branca e coloração nas pontas das orelhas, focinho, cauda e patas (himalaio)

$c^a c^a$  → pelagem albina (sem pigmentação)

3. A herança da pelagem dos citados coelhos domésticos é um caso de:
- a) herança ligada ao sexo

b) alelos múltiplos

c) diíbridismo

d) nenhuma dessas
4. (UnB) Os alelos que determinam o tipo sangüíneo de um indivíduo no sistema ABO são três, e podem ser representados por  $I_A$ ,  $I_B$  e  $i$ . Não ocorre dominância de  $I_A$  sobre  $I_B$ , ou vice-versa, porém ambos são dominantes em relação a  $i$ . O(s) genótipo(s) de um indivíduo que pertence ao grupo sangüíneo do tipo AB é:
- a)  $I_A I_A$  ou  $I_A i$

b)  $I_B I_B$  ou  $I_B i$

c)  $ii$

d) n.d.a.

5. (MACK) Os grupos sangüíneos de três casais muito prolíficos e dos filhos que tiveram estão indicados na tabela abaixo:

Nome e grupo sangüíneo dos casais	Número de filhos com cada grupo sangüíneo			
	A	B	AB	O
Gomes A x O	7	—	—	5
Cunha B x A	3	4	2	3
Prata B x O	—	10	—	—

- Assinale a alternativa que corresponde ao genótipo mais provável do casal:
- a) Gomes é AA x OO

b) Cunha é BO x AA

c) Prata é BB x OO

d) Cunha é BB x AO

e) Prata é BO x OO



# Sistemas Rh e MN

## 1. Sistema Rh

Em 1940 Landsteiner e Wiener injetaram, experimentalmente, sangue de macaco Rhesus em cobaias e observaram que estas fabricavam anticorpos contra o sangue do macaco. Concluíram então que existe, nas hemácias injetadas, um antígeno, que denominaram Rh (abreviatura de Rhesus), o qual provocava nas cobaias a produção de anticorpos ditos anti-Rh.

Os anticorpos anti-Rh produzidos pelas cobaias servem para identificar na espécie humana dois grupos de indivíduos: os *Rh-positivos*, cujo sangue reage, e os *Rh-negativos*, cujo sangue não reage, contra os anticorpos anti-Rh. Isso indica que os indivíduos Rh-positivos possuem, em suas hemácias, antígenos Rh, enquanto os indivíduos Rh-negativos não os possuem.

Os anticorpos anti-Rh, ao contrário do que ocorre com os do sistema ABO, não existem naturalmente na espécie humana. Se contudo injetarmos sangue de uma pessoa Rh-positiva em uma pessoa Rh-negativa, seu sistema imunitário será sensibilizado e ela passará a produzir anticorpos anti-Rh. No caso de esta pessoa vir a receber uma segunda transfusão de sangue Rh-positivo haverá reação do tipo antígeno-anticorpo com consequente aglutinação das hemácias doadas. Por isso, as transfusões sangüíneas, levando-se em conta apenas o fator Rh, poderão ser feitas apenas entre pessoas negativas entre si, positivas entre si, e de pessoas negativas para positivas.

A presença de antígenos Rh nas hemácias depende da existência de um gene dominante R. O gene alelo recessivo *r* não determina a presença de antígenos Rh. Assim, as pessoas Rh-positivas terão os genótipos *RR* ou *Rr* e as Rh-negativas, *rr*.

O antígeno ou fator Rh é responsável pela chamada *doença hemolítica do recém-nascido* ou *eritroblastose fetal*. Essa doença pode ocorrer quando uma mulher Rh-negativa se casa com um homem Rh-positivo. Se esta mulher engravidar e se o feto for Rh-positivo este possuirá em suas hemácias antígenos Rh, estranhos à mãe. Como em geral, exceto acidental-



mente, durante a gravidez não há mistura de sangues materno e fetal ao nível da placenta, a gravidez evolui normalmente. Porém, na ocasião do parto, em consequência do deslocamento da placenta da parede uterina, a mãe recebe hemácias do filho e sensibiliza-se passando a produzir anticorpos anti-Rh. Se numa segunda gravidez esta mulher gerar um feto Rh-positivo, seus anticorpos anti-Rh passarão para a circulação fetal e reagirão contra os antígenos Rh fetais, provocando destruição de hemácias. Assim o feto tornar-se-á anêmico e para compensar a falta de hemácias haverá a liberação para o sangue de hemácias jovens, os eritroblastos, daí o nome de eritroblastose dado à doença.

A destruição de grande quantidade de hemácias leva ao óbito fetal e conseqüente aborto. Se contudo a destruição for mais leve, a gravidez chega a termo, nascendo uma criança com, anemia, icterícia, fígado aumentado de tamanho (hepatomegalia) e baço aumentado de tamanho (esplenomegalia), sinais que caracterizam a doença hemolítica do recém-nascido. A icterícia é o amarelamento da cor da pele em decorrência do depósito do pigmento bilirrubina, resultante da destruição de hemácias. Há perigo de a bilirrubina depositar-se no cérebro, onde causa lesões que podem determinar surdez e retardamento mental.

A criança nascida com doença hemolítica do recém-nascido é submetida a exosangüineotransfusão e fotossensibilização. A exosangüineotransfusão, indicada nos casos em que a destruição de hemácias ocorreu em níveis que dificultam a sobrevivência do recém-nascido, é a substituição do seu sangue Rh-positivo por sangue Rh-negativo. A fotossensibilização consiste em iluminar o recém-nascido com lâmpadas de neon. A luz destrói as bilirrubinas depositadas na pele.

A mãe Rh-negativa, que acaba de dar à luz uma criança Rh-positiva, deve receber, logo após o parto, a imunoglobulina anti-Rh (RHogam) que a impedirá de ser sensibilizada por hemácias fetais. Assim não produzirá anticorpos anti-Rh e não enfrentará problemas, quanto ao fator Rh, numa próxima gravidez.

## **2. Sistema MN**

Em 1927, Landsteiner e Levine, injetando sangue humano em coelhos, verificaram que estes produziam anticorpos que denominaram anti-M e anti-N. Fazendo uso destes anticorpos puderam identificar indivíduos de três tipos sangüíneos diferentes:



- M — possuem o aglutinogênio M em suas hemácias. Seu sangue reage com o soro anti-M mas não com o anti-N;
- N — possuem o aglutinogênio N em suas hemácias. Seu sangue reage com o soro anti-N mas não com o anti-M;
- MN — possuem os aglutinogênios M e N em suas hemácias. Seu sangue reage com os soros anti-M e anti-N.

Os anti-corpos anti-M e anti-N não são encontrados no sangue humano e por isso o sistema MN não tem importância em transfusões de sangue.

A presença do antígeno M nas hemácias é determinada por um gene designado  $L^M$ . A do antígeno N pelo gene  $L^N$ .  $L^M$  e  $L^N$  são genes co-dominantes, ou seja, quando juntos ambos manifestam seus efeitos.

De acordo com estes fatos temos que: indivíduos do grupo M apresentam o genótipo  $L^M L^M$ ; os do grupo N o genótipo  $L^N L^N$ ; e os do grupo MN são  $L^M L^N$ .

### 3. Exercícios

1. (Med. ABC) Considere as duas situações seguintes:

I — O sangue de um macaco do gênero *Rhesus* (indivíduo 1) foi injetado em uma cobaia (indivíduo 2). Uma hora depois, dela foi extraída certa quantidade de sangue, cujo soro foi removido. Ocorreu aglutinação de hemácias quando se misturou parte deste soro com sangue de um indivíduo (3) da espécie humana.

II — Uma mulher (indivíduo 4) teve um filho (indivíduo 5), que nasceu fortemente anêmico devido à incidência de eritroblastose fetal.

Dentre os indivíduos acima citados, somente possuem o mesmo tipo de aglutinógeno das reações antígeno-anticorpo envolvidas nas situações I e II:

- |             |          |
|-------------|----------|
| a) 1, 3 e 4 | d) 2 e 4 |
| b) 1, 3 e 5 | e) 3 e 5 |
| c) 2, 3 e 5 |          |

2. (Med. Taubaté) Num certo casamento a 1ª criança nasceu normal; a 2ª sofria de séria doença hemolítica; a 3ª nasceu morta; e a 4ª normal. Se uma 5ª criança for concebida, qual a chance de nascer morta ou com séria doença hemolítica?

- |         |        |        |          |         |
|---------|--------|--------|----------|---------|
| a) 100% | b) 50% | c) 25% | d) 12,5% | e) nula |
|---------|--------|--------|----------|---------|

3. (UFSCAR) Uma mulher que nunca recebeu transfusão sangüínea tem três filhos; o primeiro e o terceiro nasceram normais e o segundo com eritroblastose fetal. Analise a alternativa errada, considerando apenas dois tipos de alelos  $R$  e  $r$  para o fator Rh:

- a) se a mãe já foi anteriormente sensibilizada, o terceiro filho, sendo normal, só pode ser  $Rh^-$ , como a mãe
- b) como nunca recebeu transfusão sangüínea, a mãe foi sensibilizada através de seu primeiro filho, normal,  $Rh^+$



- c) tendo sido sensibilizada pelo primeiro filho, a reação de incompatibilidade sangüínea ocorreu no segundo filho,  $Rh^+$ , determinando a eritroblastose fetal
- d) tanto a mãe quanto o pai são heterozigotos, pois tiveram dois filhos normais e um com eritroblastose fetal
- e) o marido é heterozigoto, uma vez que nasceu um filho  $Rh^-$
4. (Med. Mogi) João é Rh positivo, filho de pai Rh negativo e mãe Rh positivo. Sua esposa Maria é Rh negativo, filha de pais Rh positivo. Qual a probabilidade deste casal ter um filho com eritroblastose fetal?
- a)  $\frac{1}{4}$       b)  $\frac{3}{4}$       c)  $\frac{1}{3}$       d)  $\frac{1}{2}$       e) nula
5. (MAUÁ) Um casal de fator Rh desconhecido teve um primeiro filho normal, um segundo filho com eritroblastose fetal e um terceiro filho normal. Diga quais são os prováveis genótipos desses cinco indivíduos.
6. (UFSCAR) Em caso de disputa de paternidade, o grupo sangüíneo da mãe é A  $Rh^-$  e o da criança B  $Rh^+$ . Entre os indivíduos abaixo, implicados no processo, o único com possibilidade de ser o pai dessa criança é:
- a) O  $Rh^-$       b) O  $Rh^+$       c) A  $Rh^-$       d) AB  $Rh^+$       e) A  $Rh^+$
7. (Fund. Carlos Chagas) Considere um casal do tipo sangüíneo AB  $Rh^-$  e uma criança do tipo O  $Rh^+$ . Com os dados disponíveis podemos afirmar que:
- a) o homem poderia ser o pai da criança, mas a mulher não poderia ser a mãe
- b) a mulher poderia ser a mãe da criança, mas o homem não poderia ser o pai
- c) a criança poderia ser filha do casal
- d) nenhum dos dois poderia ter um filho com esse genótipo
- e) o pai da criança teria obrigatoriamente sangue do tipo O
8. (UF Viçosa) Uma mulher de sangue tipo B e Rh positivo deu à luz uma criança de tipo sangüíneo O e Rh negativo. Um possível pai da criança pertence ao grupo sangüíneo AB e Rh positivo; o outro possível pai pertence ao grupo sangüíneo B e Rh positivo. Baseando-se nesses dados, podemos afirmar que:
- a) nenhum deles pode ser o pai da criança
- b) o genótipo da mãe da criança é  $I^B i R R$
- c) o genótipo da criança é  $i i R R$
- d) o genótipo do provável pai da criança é  $I^B i R r$
- e) o genótipo do provável pai da criança é  $I^A I^B r r$
9. (FATEC) Em uma família, o pai apresenta grupo sangüíneo A, Rh positivo e a mãe B, Rh positivo. O casal tem, um filho do grupo O, Rh negativo. A probabilidade deste casal vir a ter um filho do grupo B é:
- a)  $\frac{3}{8}$       b)  $\frac{1}{6}$       c)  $\frac{1}{2}$       d)  $\frac{3}{4}$       e)  $\frac{1}{4}$
10. (PUC) Qual é dos indivíduos abaixo que pode ser pai de uma criança do grupo O Rh negativo se a mãe é do grupo A Rh positivo?
- a)  $I^A I^A R h r h$       d)  $I^A I^B r h r h$
- b)  $I^B i R h r h$       e)  $i i R h R h$
- c)  $I^B i R h R h$



# *A Segunda Lei de Mendel*

---

## **1. Um cruzamento mendeliano**

Mendel estudou sete características em ervilhas. Primeiro analisou-as em separado, mas depois passou a realizar cruzamentos envolvendo ao mesmo tempo duas características. É o caso do cruzamento em que considerou os caracteres cor e forma de sementes de ervilhas. Quanto à cor das sementes, as ervilhas podem ser amarelas e verdes, sendo que a análise isolada desta característica havia mostrado ser a cor amarela (VV ou Vv) dominante sobre a cor verde (vv). No tocante à forma, as ervilhas possuem sementes lisas e rugosas, sendo a forma lisa (RR ou Rr) dominante sobre a forma rugosa (rr).

No cruzamento que efetuou, Mendel escolheu como indivíduos da geração parental ervilhas de sementes amarelas e lisas e ervilhas de sementes verdes e rugosas, ambas de linhagens puras. Na geração F<sub>1</sub> obteve somente ervilhas amarelas lisas, resultado já esperado tendo em conta a dominância dessas características. Em seguida, deixou que as ervilhas de F<sub>1</sub> se autofecundassem, obtendo na geração seguinte, F<sub>2</sub>, 556 descendentes. Destes, 315 apresentavam sementes amarelas lisas; 101, sementes amarelas rugosas; 108, sementes verdes lisas, e 32, sementes verdes rugosas. Esses resultados numéricos correspondem aproximadamente a uma proporção 9 : 3 : 3 : 1.

Ao analisar estes resultados, Mendel constatou que a segregação da cor da semente era independente da forma, e que na geração F<sub>2</sub> apareciam as combinações parentais (amarela lisa e verde rugosa) e novas combinações (amarela rugosa e verde lisa). Constatou ainda, para os dois caracteres estudados, a manutenção da proporção de três dominantes para um recessivo, reforçando-se assim a hipótese da existência de um par de fatores determinando cada característica. Como eram duas as características estudadas estariam em jogo dois pares de fatores. Cada par segregaria independentemente do outro, ao acaso e segundo todas as possibilidades.

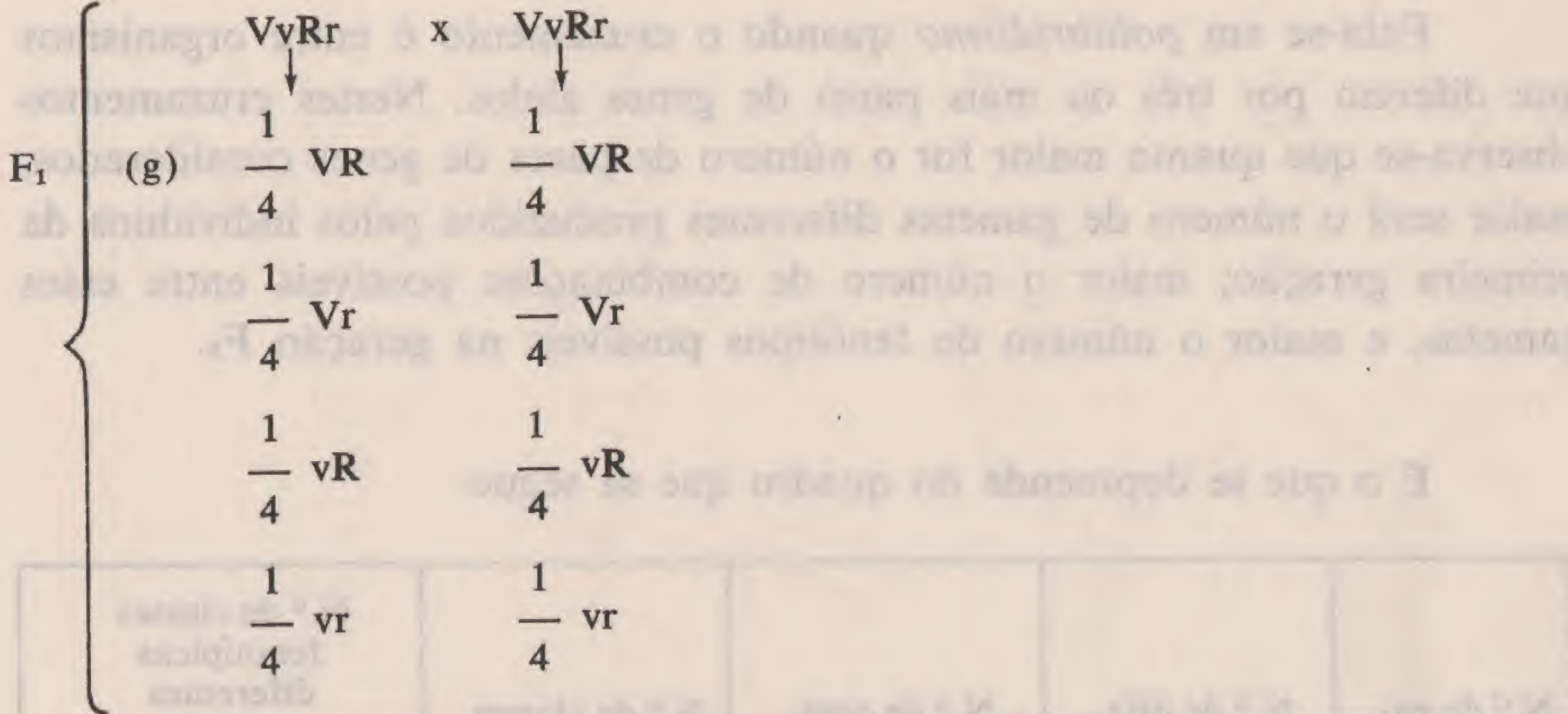
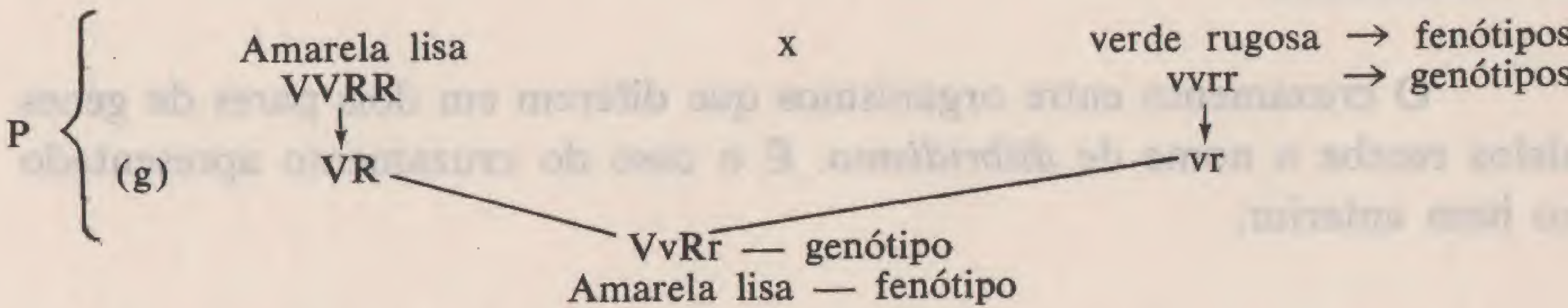
Estas conclusões serviram de base à proposição da *segunda lei de Mendel*, também conhecida por *lei da segregação independente* de dois ou mais pares de fatores, que diz: “Os fatores para dois ou mais caracteres



não se fundem no híbrido mas distribuem-se de forma independente aos gametas, onde se recombinaem ao acaso”.

Ou, modernamente: “Quando dois ou mais pares de genes alelos, localizados em pares de cromossomos homólogos diferentes, são analisados ao mesmo tempo, cada um age e segrega independentemente do outro, totalmente ao acaso e com a mesma probabilidade”.

A experiência citada pode ser esquematizada da forma que se segue:



F2

♀ \ ♂	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR Am. lisa	VVRr Am. lisa	VvRR Am. lisa	VvRr Am. lisa
Vr	VVRr Am. lisa	VVrr Am. rugosa	VvRr Am. lisa	Vvrr Am. rugosa
vR	VvRR Am. lisa	VvRr Am. lisa	vvRR verde lisa	vvRr verde lisa
vr	VvRr Am. lisa	Vvrr Am. rugosa	vvRr verde lisa	vvrr verde rugosa

Note-se, no cruzamento apresentado, que os indivíduos da geração parental formam um único tipo de gametas (VR e vr). Estes gametas, unidos em F1 produzem um genótipo duplamente heterozigoto (VvRr).



Este produz quatro tipos diferentes de gametas, todos com a mesma probabilidade, a saber: VR, Vr, vR e vr. A autofecundação de F<sub>1</sub> resulta em 16 combinações possíveis de gametas. Formam-se 9 tipos diferentes de genótipos em F<sub>2</sub>. Os genótipos se distribuem em quatro tipos diferentes de fenótipos segundo a proporção 9 : 3 : 3 : 1.

2. Poliibridismo

O cruzamento entre organismos que diferem em dois pares de genes alelos recebe o nome de *diibridismo*. É o caso do cruzamento apresentado no item anterior.

Fala-se em *poliibridismo* quando o cruzamento é entre organismos que diferem por três ou mais pares de genes alelos. Nestes cruzamentos observa-se que quanto maior for o número de pares de genes considerados, maior será o número de gametas diferentes produzidos pelos indivíduos da primeira geração; maior o número de combinações possíveis entre esses gametas, e maior o número de fenótipos possíveis na geração F<sub>2</sub>.

É o que se depreende do quadro que se segue:

N.º de pares de genes	N.º de diferentes tipos de gametas de F <sub>1</sub>	N.º de combinações possíveis dos gametas de F <sub>1</sub>	N.º de classes genotípicas diferentes em F <sub>2</sub>	N.º de classes fenotípicas diferentes em F <sub>2</sub>	
				com dominância	sem dominância
1	2	4	3	2	3
2	4	16	9	4	9
3	8	64	27	8	27
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
n	2 <sup>n</sup>	4 <sup>n</sup>	3 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup>	3 <sup>n</sup>



### 3. Exercícios

1. Em *Drosophila*, o caráter “cor cinza do corpo” (P) é dominante em relação à “cor preta” (p) e o caráter “asa longa” (V) é dominante em relação a “asa vestigial” (v). Sabendo-se que os dois pares de genes responsáveis por essas características segregam-se independentemente, qual o resultado esperado em  $F_1$  e  $F_2$ , quando se cruzam moscas de corpo preto e asa vestigial homozigotos com moscas de corpo cinza e asa longa, também homozigota?
2. O albinismo é determinado por um gene recessivo (a) em relação ao seu alelo para normalidade (A). Um homem albino e do grupo sanguíneo AB casa-se com uma mulher normal e do grupo sanguíneo O, filha de pai albino. Sabendo que os genes responsáveis por essas características segregam-se independentemente, o casal em questão deseja saber:
  - a) quais os possíveis genótipos e fenótipos de seus filhos?
  - b) qual a probabilidade de terem uma menina albina e do grupo sanguíneo A?
3. Uma mulher Rh positivo e de olhos castanhos, filha de pai Rh negativo e de olhos azuis, casa-se com um homem Rh negativo e de olhos azuis. Sabendo-se que o caráter “olho castanho” (A) domina “olho azul” (a) e que os genes responsáveis por essas duas características segregam-se independentemente, o casal em questão deseja saber:
  - a) os possíveis genótipos e fenótipos de seus filhos
  - b) a probabilidade de terem um filho de sexo masculino Rh positivo e de olhos castanhos
4. (UFSCAR) O indivíduo de genótipo Aabbccdd produzirá:
  - a) 2 tipos de gametas
  - b) 1 só tipo de gameta
  - c) 4 tipos de gametas
  - d) 8 tipos de gametas
  - e) 16 tipos de gametas
5. (CESESP/PE) Cruzando-se dois elementos que apresentam a constituição genética AABB e aabb, observa-se que na geração  $F_1$  todos os descendentes serão dominantes e duplo-heterozigotos. Sabendo que os cromossomos homólogos separam-se na gametogênese, durante a meiose, e, supondo-se que todos os casos sejam viáveis, quais os gametas que se formarão desses elementos na geração  $F_1$ , para formação da geração  $F_2$ ? Assinale a alternativa que lhe parecer correta.
  - a) AB – AB – Ab – Ab
  - b) AB – AB – Ab – ab
  - c) AB – aB – AB – ab
  - d) AB – Ab – aB – AB
  - e) AB – Ab – aB – ab
6. (UFSCAR) As leis de Mendel não podem ser aplicadas para a reprodução assexuada ou agâmica porque tanto a primeira como a segunda lei são fundamentadas na gametogênese, onde através da meiose ocorre a separação dos membros de um dado par de alelos e união posterior ao acaso (1ª Lei), bem como segregação independente de cada par de alelos (2ª Lei). Como na reprodução assexuada não há formação de gametas, o indivíduo resultante recebe a mesma constituição cromossômica que apresentava seu ascendente e, portanto, apresentará os mesmos caracteres. Não há assim possibilidade de aparecimento de novas combinações de caracteres.

Sobre o texto acima, podemos afirmar que:

  - a) está correto porque as Leis de Mendel são realmente fundamentadas na gametogênese
  - b) está correto apenas no que concerne à 1ª Lei, conhecida como “Lei da Pureza dos



Gametas”

- c) está correto apenas no que concerne à 2ª Lei por causa da independência de transmissão de vários caracteres
- d) está errado porque mesmo na reprodução assexuada o indivíduo resultante é produto de combinações de caracteres de seus ancestrais
- e) está errado porque tanto a 1ª como a 2ª Lei de Mendel podem ser aplicadas a indivíduos nos quais não ocorre a gametogênese

7. No diíbridismo com dominância, a proporção fenotípica em F<sub>2</sub> é:

- a) 3 : 3 : 3 : 1
- b) 6 : 3 : 1 : 3
- c) 9 : 9 : 9 : 1
- d) 9 : 3 : 3 : 1
- e) 9 : 9 : 6 : 3

8. (UFPR) Cruzando-se um animal *AaBb* com um *aabb*, teremos, como resultado, de acordo com a segunda lei de Mendel, a relação:

- a) 1 : 1
- b) 9 : 3 : 3 : 1
- c) 29 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1
- d) 3 : 1
- e) 1 : 1 : 1 : 1

9. (FUVEST) Os genes *A* e *B* estão situados em cromossomos diferentes. Na descendência dos cruzamentos entre indivíduos duplamente heterozigotos *AaBb* x *AaBb* ocorrem:

- a) genótipos do tipo parental e recombinantes, pois os cromossomos não homólogos segregam independentemente
- b) genótipos do tipo parental e recombinantes, devido à permuta entre cromossomos homólogos
- c) apenas genótipos do tipo parental, pois os genes estão localizados em cromossomos não homólogos
- d) apenas genótipos do tipo parental, pois os genes estão localizados em cromossomos homólogos
- e) apenas genótipos recombinantes, pois os genes estão localizados em cromossomos diferentes

10. (UFPA) No quadro abaixo os números representam os descendentes do cruzamento entre duas ervilhas híbridas de genótipo *VvRr*.

<div>Pólen óvulo</div>	VR	Vr	vR	vr
VR	1	2	3	4
Vr	5	6	7	8
vR	9	10	11	12
vr	13	14	15	16

Indique os indivíduos que terão genótipos iguais aos dois pais:

- a) 1, 6, 11, 16
- b) 4, 7, 10, 13
- c) 5, 6, 7, 8
- d) 16, 15, 14, 13
- e) 2, 6, 10, 14



# Linkage

## 1. Introdução

A segunda lei de Mendel é denominada lei da segregação independente dos genes. A segregação ou distribuição independente dos genes só é possível desde que estes *estejam situados em cromossomos diferentes*. Isso quer dizer que quando estudamos dois ou mais caracteres simultaneamente, considerando que cada um deles é condicionado por um par diferente de genes, localizados em cromossomos diferentes, estes se segregam independentemente.

A segregação independente pode ser demonstrada tomando-se como exemplo um indivíduo de genótipo AaBb em que os genes *A* e *a* e *B* e *b* estão localizados em cromossomos diferentes. Se representarmos cada cromossomo por um traço, teremos: A ++ a; B ++ b. Esse indivíduo produzirá, por meiose, quatro tipos diferentes de gametas, sendo 25% de cada tipo: A ++ B; A ++ b; a ++ B e a ++ b. Note-se que tendo partido de uma célula com quatro cromossomos, por ser a meiose uma divisão reducional, foram obtidas quatro células-filhas (gametas) cada uma com dois cromossomos.

Consideremos agora um indivíduo de genótipo AaBb em que porém os genes *A* e *B* e *a* e *b* estejam localizados no mesmo cromossomo:

$\begin{matrix} A & ++ & a \\ B & ++ & b \end{matrix}$ . Note-se que *não é válida a genética mendeliana para esse tipo de situação*. Dizemos que os genes *A* e *B* e os genes *a* e *b* estão ligados (em linkage) e por isso não é possível que se segreguem independentemente. Por isso, também, durante a meiose formar-se-ão apenas dois tipos de gametas  $\begin{matrix} A & ++ & a \\ B & ++ & b \end{matrix}$  e  $\begin{matrix} a & ++ & A \\ b & ++ & B \end{matrix}$ , com 50% de cada tipo.

Portanto, “quando dois ou mais genes estão localizados num mesmo cromossomo dizemos que estão ligados. Nesse caso têm a tendência a permanecer juntos durante a formação de gametas, não se segregando independentemente e não obedecendo à 2.<sup>a</sup> lei de Mendel”.

No exemplo de ligação apresentado vimos que, como os genes A-B e a-b estão ligados, formaram-se apenas dois tipos de gametas: AB e ab.



Não houve entre os genes presentes num cromossomo de cada gameta combinação diferente das apresentadas pelos cromossomos da célula que entrou em meiose. Por isso falamos em *ligamento fatorial completo*.

Contudo pode ocorrer durante a meiose o *crossing-over* ou *permuta*. O *crossing-over* é a troca de pedaços entre cromossomos homólogos e permite que os genes ligados a um mesmo cromossomo não fiquem unidos permanentemente, podendo recombinar-se com os genes do cromossomo homólogo. Suponhamos o mesmo genótipo  $\begin{matrix} A & + & + & a \\ B & + & + & b \end{matrix}$ . A ocorrência de *crossing-over* durante a meiose permitirá que se formem quatro tipos diferentes de gametas:  $\begin{matrix} A & + \\ B & + \end{matrix}$ ;  $\begin{matrix} A & + \\ b & + \end{matrix}$ ;  $\begin{matrix} a & + \\ B & + \end{matrix}$  e  $\begin{matrix} a & + \\ b & + \end{matrix}$ . Graças ao *crossing-over* surgiram dois novos tipos de gametas Ab e aB. Esses gametas são ditos *recombinantes* pois apresentam combinações gênicas diferentes das apresentadas pela célula que entrou em meiose.

Os gametas que mantêm as combinações originais (AB e ab) são ditos *parentais*. O aparecimento de gametas recombinantes caracteriza o chamado *ligamento fatorial incompleto*.

Em geral os gametas recombinantes têm porcentagem menor que os parentais. Este fato reveste-se de valor prático, pois permite diferenciar os casos de ligamento fatorial incompleto daqueles em que há segregação independente dos genes. Note-se que em ambos os casos, a partir de um genótipo AaBb, formar-se-ão quatro gametas, por meiose: AB, Ab, aB e ab. Nos casos em que houver segregação independente dos genes esses quatro gametas terão a porcentagem de 25% cada um. Nos casos em que houver ligamento fatorial incompleto dois desses gametas, os recombinantes, terão menor frequência que os outros dois ditos parentais.

## 2. Um exemplo prático

Os conceitos emitidos no item anterior foram deduzidos pelo geneticista norte-americano Thomas Hunt Morgan a partir de experimentos que fez, utilizando a mosca *Drosophyla melanogaster*, conhecida como mosca-das-frutas.

Os experimentos de Morgan eram feitos de forma a obter resultados pelos quais pudesse concluir se os genes se segregavam independentemente ou em ligação. Para isso usava um procedimento especial, conhecido como *método de Morgan*, o qual consistia em cruzar indivíduos que diferiam



entre si por apenas dois caracteres. Dessa forma obtinha os indivíduos heterozigotos da geração  $F_1$  que eram em seguida submetidos a um cruzamento teste, ou seja, cruzados com indivíduos homozigotos duplos recessivos.

Nesse cruzamento a análise da descendência permitia a verificação direta dos gametas produzidos pelo heterozigoto e de suas respectivas porcentagens. Pela análise destas porcentagens Morgan podia concluir se os dois pares de genes (determinantes das duas características estudadas) segregavam-se independentemente, ou não.

Assim, uma porcentagem de 25% de cada tipo de descendente indicava segregação independente dos genes. Qualquer outro resultado obtido significava a existência de ligação entre os genes.

A *Drosophyla melanogaster* tal como se apresenta normalmente na natureza é denominada selvagem. O fenótipo selvagem caracteriza-se pela presença de olho vermelho e asa reta. Qualquer variação em relação ao fenótipo selvagem caracterizará o fenótipo conhecido como mutante. Morgan encontrou um mutante que apresentava olho marron-claro, denominado mutante "brown", e outro cuja asa tinha a ponta curvada, denominado mutante "arc".

Os caracteres "brown" e "arc" são recessivos em relação ao fenótipo selvagem. Assim se chamarmos de  $bw^+$  o gene dominante que determina o fenótipo selvagem olho vermelho, o fenótipo mutante "brown" será determinado pelo seu alelo recessivo  $bw$ , em homozigose. Do mesmo modo se chamarmos de  $a^+$  o gene dominante que determina o fenótipo selvagem asa reta, o seu alelo recessivo  $a$  condicionará, em homozigose, o fenótipo mutante "arc".

Desse modo, o fenótipo selvagem (olho vermelho) terá os genótipos  $bw^+bw^+$  ou  $bw^+bw$ ; o mutante (brown) será  $bwbw$ . Quanto à asa, o fenótipo selvagem (asa reta) terá os genótipos  $a^+a^+$  ou  $a^+a$ ; o mutante (arc) será  $aa$ .

Feitas essas considerações vejamos agora como procedeu Morgan.

Inicialmente cruzou um indivíduo selvagem com um mutante de olho "brown" e asa "arc":

	selvagem	x	mutante
	olho vermelho, asa reta		olho brown, asa arc
	$bw^+bw^+ a^+a^+$		$bwbw aa$
gametas	$bw^+a^+$		$bwa$
$F_1$	$bw^+bwa^+a$ (selvagem)		







a porcentagem de gametas produzidos pela fêmea: 47,4% de  $bw^+a^+$ , 47,4% de  $bwa$ , 2,6% de  $bw^+a$  e 2,6% de  $bwa^+$ . Disso concluiu Morgan que os genes  $bw^+$  e  $a^+$  estariam no mesmo cromossomo, enquanto os alelos  $bw$  e  $a$  estariam no cromossomo homólogo. O aparecimento dos gametas  $bw^+a$  e  $bwa^+$  (recombinantes) indicava a ocorrência de *crossing-over*, caracterizando-se assim o *ligamento fatorial incompleto*. Note-se que, no caso estudado, a frequência de recombinantes foi de 5,2% ( $2 \times 2,6\%$ ) e esta é também a frequência de *crossing-over* observada entre os genes  $bw$  e  $a$ .

A diferença observada nos resultados dos dois cruzamentos-teste efetuados foi explicada por Morgan pelo fato de nos machos de drosófilas não ocorrer *crossing-over* na meiose, enquanto nas fêmeas ocorre frequentemente.

Note-se que, nos casos em que há ligação entre os genes, o genótipo de um indivíduo pode ser representado por três maneiras diferentes. Assim, por exemplo, um indivíduo de genótipo AABB pode ser representado, havendo ligação, pelos seguintes modos:  $\frac{A}{A} \frac{B}{B}$ ;  $\frac{A}{A} \frac{B}{B}$ ; e  $(AB)(AB)$ .

Os indivíduos de genótipo AaBb admitem duas representações. Quando os genes dominantes ( $A$  e  $B$ ) estão no mesmo cromossomo e os genes recessivos ( $a$  e  $b$ ) em seu homólogo, teremos um heterozigoto denominado *cis*. Em caso contrário, o heterozigoto será dito *trans*:  $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$  *cis*;  $\frac{A}{a} \frac{b}{B}$  *trans*.

### 3. Mapas genéticos

Os genes dispõem-se em ordem linear nos cromossomos, ocupando uma posição fixa (*locus*) analogamente às contas de um colar.

Sabemos que a permuta ou *crossing-over* é a quebra de cromossomos seguida de troca de partes entre eles. Como o *crossing-over* ocorre com igual probabilidade em qualquer ponto do cromossomo, se os genes estiverem muito próximos, dificilmente haverá permuta entre eles, porque o espaço existente para quebra é pequeno. Quanto mais distantes estiverem os genes maior será a porcentagem de permuta entre eles.

A porcentagem de permuta entre dois genes ligados é utilizada como medida da distância entre eles. A distância entre os genes é designada por unidades correspondentes à porcentagem de permuta denominadas *morganiídeos*. Considera-se que uma unidade de distância entre os genes corres-

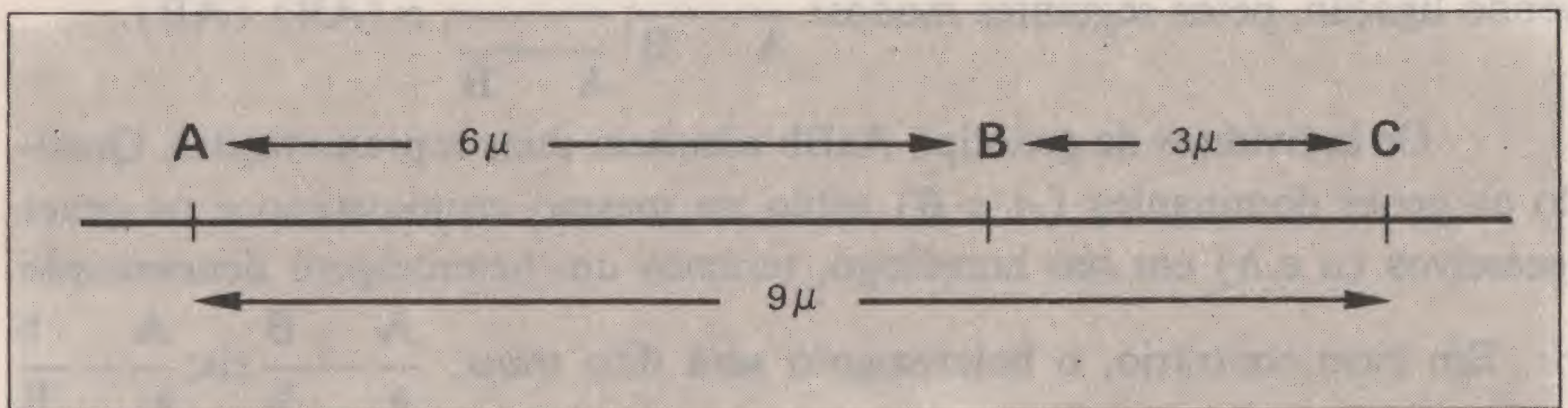


ponde a um espaço onde ocorre 1% de permuta. Assim: 1 morganídeo = 1% de permuta.

A distância entre os genes dispostos em ordem linear no cromossomo pode ser estabelecida por meio de mapas genéticos. Estes são construídos levando-se em conta os resultados obtidos em cruzamentos que envolvem genes ligados. A análise destes resultados permite o conhecimento das porcentagens de permuta entre os genes e portanto da distância entre eles.

Suponhamos, por exemplo, que de um dado cruzamento se pudesse concluir que entre dois genes A e B há 6% de permutação. Isto significa que estes genes estão situados no mapa a uma distância de 6 morganídeos.

Suponhamos agora que o gene B apresentasse uma frequência de permuta de 3% com outro gene C e que a frequência de permuta entre os genes A e C fosse de 9%. Estes dados permitem concluir que o gene C está à direita do gene B no mapa genético:



#### 4. Exercícios

1. (MACK) Dois genes *NÃO* alelos não seguem a Segunda Lei de Mendel quando:
  - a) forem epistáticos
  - b) forem alelos múltiplos
  - c) estiverem no mesmo cromossomo
  - d) forem ambos dominantes
  - e) forem ambos intermediários (codominantes)
2. (CESCEM) Cruzando-se indivíduos AaBb e aabb obtiveram-se descendentes de apenas dois genótipos diferentes. Podemos concluir que esses genes
  - a) estão em ligação
  - b) sofreram recombinação
  - c) estão interagindo
  - d) formam um conjunto de alelos múltiplos
  - e) estão nos cromossomos sexuais
3. (ABC) Duzentos indivíduos da geração F<sub>1</sub> produzida pelo cruzamento de 2 plantas de genótipos respectivamente AaBb e aabb, têm somente genótipos iguais aos dos “pais” na



proporção de 1:1. Esses resultados podem ser explicados corretamente se admitirmos que os genes  $A$  e  $B$ :

- a) têm a mesma expressividade
- b) segregam-se independentemente um do outro
- c) localizam-se no mesmo cromossomo
- d) são, respectivamente, epistático e hipostático
- e) apresentam variação de dominância entre si

4. Quais os possíveis gametas produzidos, e em que proporção, por um genótipo  $\frac{A}{a} \frac{b}{B}$ , sabendo-se que a porcentagem de crossing-over entre  $A$  e  $B$  é de 20%?

5. (CESCEM) Para determinar se dois pares de genes  $Aa$  e  $Bb$  estão localizados num mesmo cromossomo ou em cromossomos diferentes, o melhor processo é analisar:

- a) o  $F_2$  do cruzamento duplo heterozigoto com o bi-recessivo
- b) o  $F_1$  do cruzamento do duplo heterozigoto com o bi-recessivo
- c) o  $F_1$  do cruzamento de um heterozigoto para um dos pares de genes com o heterozigoto para outro par de genes
- d) o  $F_2$  do cruzamento do homozigoto duplo recessivo com o duplo dominante
- e) comparativamente o  $F_1$  do cruzamento

♀  $Aabb$  x ♂  $aaBb$  e ♀  $aaBb$  x ♂  $Aabb$

6. (PUCSP) Uma célula de linhagem germinativa de um animal apresenta um par de cromossomos homólogos com a seguinte constituição genética:  $\frac{AB}{ab}$ . Os genes representados

estão bem distintos, sendo alta a taxa de "crossing-over". Os tipos de espermatozóides resultantes podem ser:

- a)  $Ab$  e  $aB$
- b)  $AB$  e  $ab$
- c)  $\frac{AB}{Ab}$  e  $\frac{aB}{ab}$
- d)  $AB$ ,  $ab$ ,  $Ab$  e  $aB$
- e)  $\frac{Ab}{aB}$

7. (Londrina) Em tomate, fruto vermelho ( $V$ ) é dominante sobre fruto amarelo ( $v$ ). Planta alta ( $A$ ) é dominante sobre planta baixa ( $a$ ). Os dois genes estão localizados no mesmo cromossomo e não apresentam "crossing-over". Quais os fenótipos esperados para os descendentes de dois indivíduos com o seguinte genótipo?

$\begin{array}{c} V \\ | \\ A \end{array}$ 
 $\begin{array}{c} v \\ | \\ a \end{array}$

- a) apenas altos e vermelhos
- b) apenas amarelos e baixos
- c) altos e vermelhos e amarelos e baixos
- d) baixos vermelhos e altos amarelos
- e) altos vermelhos, amarelos e baixos, baixos vermelhos e altos amarelos

8. (MAUÁ) Qual é a seqüência mais provável dos genes  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , localizados no mesmo cromossomo, apresentando as seguintes frequências de recombinação:

$A - B = 17\%$        $C - D = 30\%$        $A - C = 5\%$        $A - D = 35\%$   
 $B - D = 18\%$



# *A Genética do Sexo*

## **1. Autossomos e Alossomos**

Em algumas espécies o sexo é determinado por um par de cromossomos. Estes cromossomos, denominados cromossomos sexuais ou alossomos, são representados em mamíferos e dípteros, pelas letras X e Y.

Se um indivíduo apresentar dois cromossomos X será do sexo feminino. A presença dos cromossomos X e Y determina o sexo masculino. Nas aves, os cromossomos sexuais são representados pelas letras Z e W. Se um animal apresentar dois cromossomos Z será do sexo masculino. A presença dos cromossomos Z e W determina o sexo feminino.

Com exceção dos cromossomos sexuais, todos os demais cromossomos de um indivíduo são denominados autossomos. Na espécie humana, por exemplo, há 44 autossomos em cada célula diplóide.

A distinção entre autossomos e cromossomos sexuais permite identificar dois tipos básicos de herança. Assim, os caracteres determinados por genes localizados nos autossomos são ditos autossômicos. Fala-se em herança do sexo quando os genes que a determinam localizam-se nos cromossomos sexuais.

## **2. O sistema XY**

Há, nas células diplóides humanas, 23 pares de cromossomos. Desse, como vimos, 22 pares são autossomos. O último par nas mulheres é constituído por dois cromossomos X. No homem, os cromossomos sexuais são X e Y.

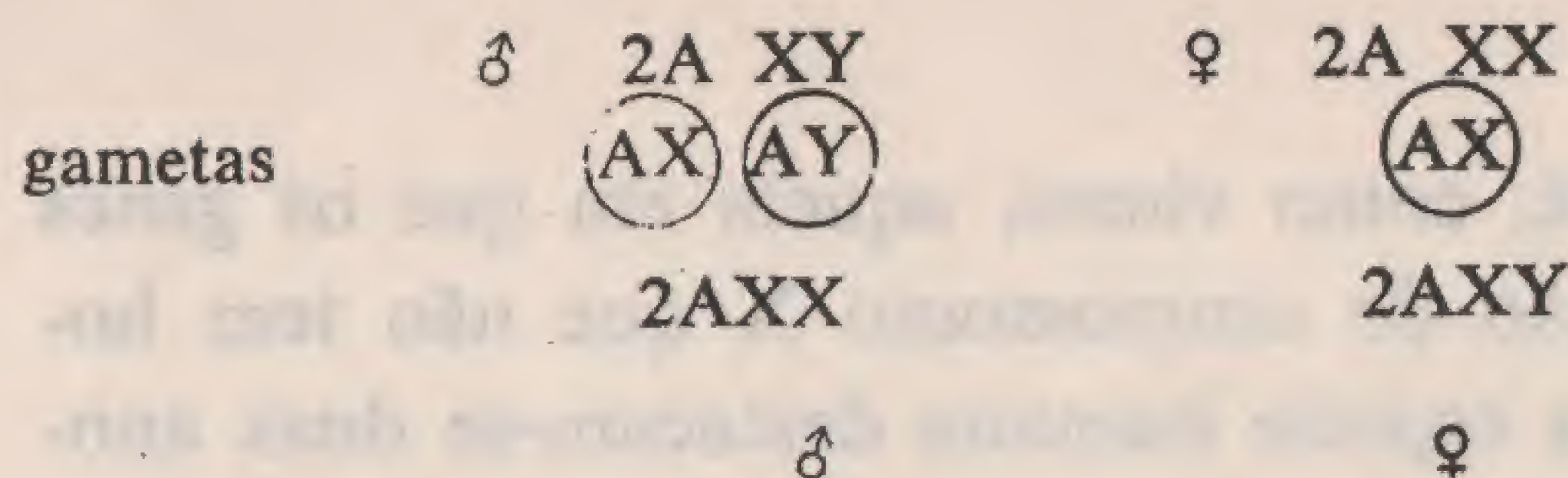
Se representarmos por *A* o conjunto haplóide de autossomos, teremos as seguintes fórmulas cromossômicas para os sexos masculino e feminino:

$$\text{♂ } 2AXY$$

$$\text{♀ } 2AXX$$

Por ocasião de sua reprodução, os homens produzirão, através da meiose, dois tipos diferentes de gametas: AX e AY. As mulheres produzirão apenas gametas AX. Por esse fato torna-se fácil verificar que a determinação do sexo dos filhos é feita pelos indivíduos de sexo masculino:





Note-se ser este esquema também válido, além do homem, para os demais mamíferos e dípteros.

Como vemos os indivíduos do sexo masculino são capazes de produzir gametas diferentes quanto aos tipos de cromossomos sexuais, sendo por isso este sexo denominado *sexo heterogamético*. Já o sexo feminino, por produzir um só tipo de gameta é denominado *sexo homogamético*.

### 3. A herança do sexo

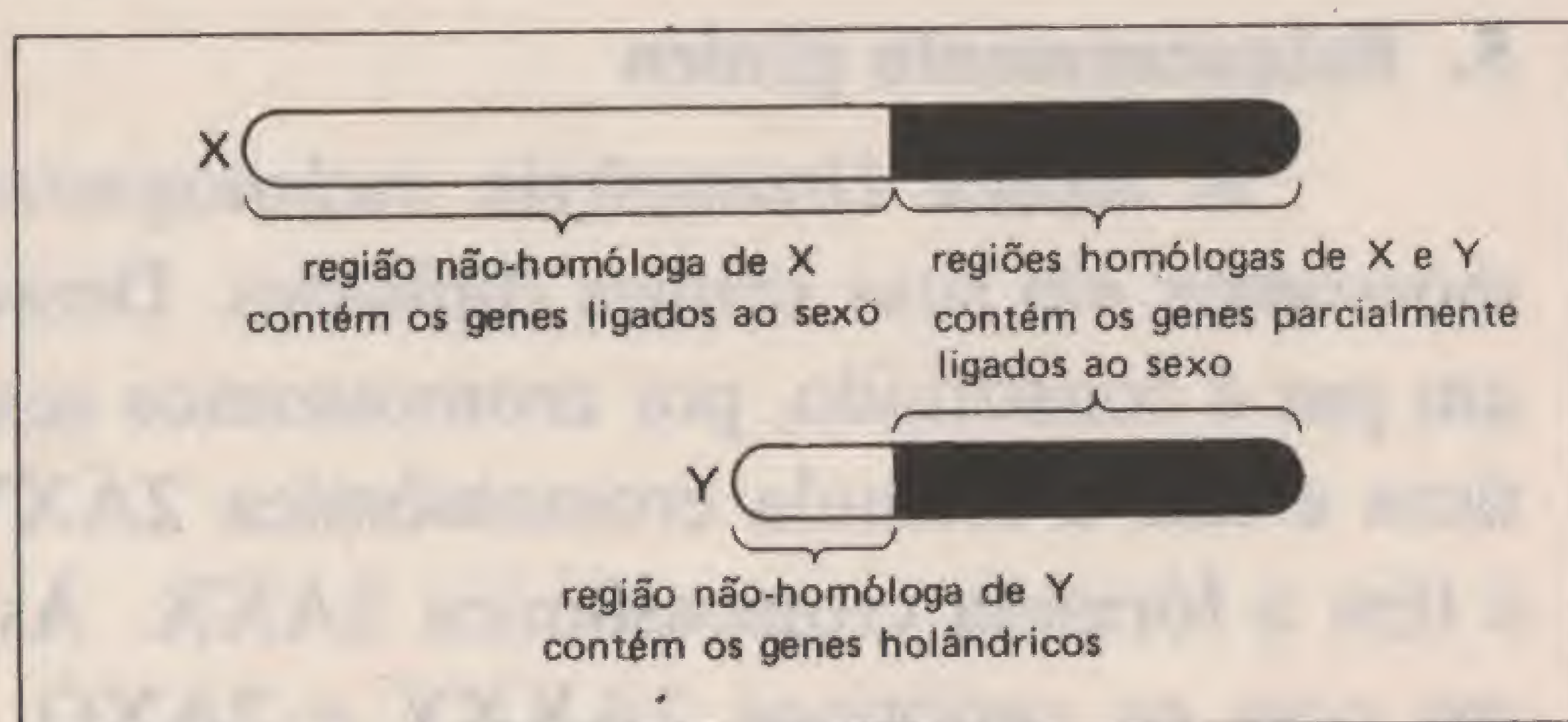
Herança do sexo é a determinada por genes situados nos cromossomos sexuais. Os padrões de herança do sexo podem ser definidos pela análise dos cromossomos sexuais X e Y. Estes cromossomos apresentam-se com tamanho e forma desiguais. Apesar disso, eles possuem regiões homólogas, fato este comprovado pelo seu pareamento durante a meiose. Além das regiões homólogas, em ambos os cromossomos sexuais podem ser observadas regiões não-correspondentes, denominadas *não-homólogas*.

Os tipos de herança do sexo dependem da localização dos genes nestas regiões. Resumidamente temos:

*Herança ligada ao sexo* — é aquela em que os genes determinantes localizam-se na região não-homóloga do cromossomo X. Como exemplo de genes ligados ao sexo na espécie humana temos os determinantes de duas anomalias: hemofilia e daltonismo.

*Herança restrita ao sexo* — é a determinada por genes localizados na região não-homóloga do cromossomo Y. É chamada herança holândrica e só ocorre em homens. Como exemplo, temos a hipertricose, ou seja, a presença de pelos longos nas orelhas.

*Herança parcialmente ligada ao sexo* — é determinada por genes localizados nas regiões homólogas dos cromossomos X e Y. Comporta-se como autossômica.





#### 4. A herança ligada ao sexo

A herança ligada ao sexo é, como vimos, aquela em que os genes determinantes localizam-se na região do cromossomo X que não tem homologia com o cromossomo Y. Na espécie humana destacam-se duas anomalias determinadas por genes ligados ao sexo: hemofilia e daltonismo.

A *hemofilia* é uma doença hereditária caracterizada por um retardamento na coagulação do sangue e que se manifesta por hemorragias. Este retardamento se deve à ausência, condicionada hereditariamente, de fatores sangüíneos essenciais à síntese de tromboplastina, enzima indispensável ao processo de coagulação.

A hemofilia se comporta como um caráter recessivo e ligado ao sexo. Assim, chamando-se de  $H$  o gene para normalidade e  $h$  o gene recessivo determinante dos casos de hemofilia, teremos os seguintes genótipos possíveis:

Homens normais —  $X^HY$   
Homens hemofílicos —  $X^hY$

Mulheres normais —  $X^HX^H$  ou  $X^HX^h$   
Mulheres hemofílicas —  $X^hX^h$

Note-se que as mulheres  $X^HX^h$ , embora sejam normais, possuem o gene  $h$  e por isso são ditas portadoras do gene para hemofilia.

O *daltonismo* é uma enfermidade caracterizada pela incapacidade de percepção de cores. Usualmente há falta de percepção de uma ou duas cores primárias como o vermelho e o verde. O daltonismo é condicionado por genes recessivos e ligados ao sexo. Assim, chamando-se de  $D$  o gene para visão normal e de  $d$  o gene determinante do fenótipo daltônico, temos os seguintes genótipos possíveis:

Homens normais —  $X^DY$   
Homens daltônicos —  $X^dY$

Mulheres normais —  $X^DX^D$  ou  $X^DX^d$   
Mulheres daltônicas —  $X^dX^d$

#### 5. Balanceamento gênico

A mosca *Drosophyla melanogaster* apresenta quatro pares de cromossomos em suas células diplóides. Desses, três são autossomos, enquanto um par é constituído, por cromossomos sexuais. Os machos são heterogaméticos e têm a fórmula cromossômica  $2AXY$ . As fêmeas são homogaméticas e têm a fórmula cromossômica  $2AXX$ . Às vezes surgem nesta espécie moscas com os cariótipos  $2AXXY$  e  $2AXO$ . As moscas  $2AXXY$  são fêmeas



normais, apesar do cromossomo Y supranumérico que possuem. Já as moscas 2AXO são machos e estéreis.

Segundo Bridges, a determinação do sexo em *Drosophyla melanogaster* não depende do cromossomo Y, cuja ação restringe-se à fertilidade dos machos. Nesse caso, o sexo seria determinado por um balanço entre os genes de tendência feminilizante, localizados nos cromossomos X, e genes de ação masculinizantes, situados nos autossomos. A ação destes dois grupos poderia ser avaliada pela razão  $\frac{X}{A}$ , em cada mosca, onde X represen-

ta o número de cromossomos X e A o número de complexos autossômicos.

De acordo com o valor encontrado para a razão  $\frac{X}{A}$ , pode-se dizer qual o sexo da drosófila. Os valores 0,5 e 1 determinam, respectivamente, machos e fêmeas normais. Os abaixo de 0,5 indicam indivíduos denominados supermachos ou metamachos, enquanto os acima de 1 indicam superfêmeas ou metafêmeas. Finalmente, os valores entre 0,5 e 1 indicam moscas intersexuadas.

## 6. Herança influenciada pelo sexo

É condicionada por genes localizados nos autossomos. Sua principal característica é o fato de os genes que a determinam se comportarem como dominantes num sexo e recessivos no outro, daí falar-se em herança influenciada pelo sexo. Como exemplo, temos a calvície hereditária que é determinada por um par de genes alelos. Se chamarmos a estes alelos de C e c teremos os seguintes genótipos e fenótipos para a calvície: CC determina calvície em ambos os sexos; Cc determina calvície no homem e normalidade na mulher; e cc determina normalidade em ambos os sexos. Como vemos, o gene C é dominante no sexo masculino e recessivo no feminino.

## 7. Exercícios

1. (FEI) As células somáticas do homem possuem 46 cromossomos. Os espermatozoides 22X e 22Y e os óvulos apenas 22X. Por que?
2. (MAUÁ) Mostre por meio de um esquema que na espécie humana é o pai que determina o sexo da prole.



3. (Med. ABC) Os indivíduos com cariótipos 2AXXY são, na *espécie humana* e em *drosófilas*:
  - a) somente machos
  - b) somente fêmeas
  - c) somente intersexuados
  - d) respectivamente machos e fêmeas
  - e) respectivamente fêmeas e machos
4. (PUCC) A função do cromossomo Y em *drosófilas* é:
  - a) de agir na intersexualidade
  - b) indispensável para condicionar o sexo masculino
  - c) de agir na fertilidade das fêmeas
  - d) de agir na fertilidade do macho
  - e) n.d.a.
5. (Med. Santos) Em aves domésticas a determinação de sexo se faz pelos sistemas ZZ e ZW. O gene B, que determina plumagem colorida, é dominante sobre b, que determina plumagem branca. Estes genes estão ligados ao cromossomo Z. Machos são ZZ e fêmeas ZW. Um granjeiro quer obter uma geração onde pouco tempo após o nascimento ele possa diferenciar pela cor, machos de fêmeas. Os progenitores desta geração deverão ser:
  - a) macho colorido homozigoto e fêmea colorida
  - b) macho colorido heterozigoto e fêmea colorida
  - c) macho branco e fêmea colorida
  - d) macho branco e fêmea branca
  - e) macho colorido e fêmea branca
6. (OSEC) Sabe-se que em aves o sexo digamético é o feminino. Com relação a esse fato, todas as afirmações abaixo são verdadeiras, *exceto uma*. Assinale-a:
  - a) o sexo do filho dependerá sempre do gameta materno
  - b) a cromatina sexual deverá ser procurada em células masculinas
  - c) a proporção sexual (sex-ratio) será semelhante àquela onde se tem digametismo masculino
  - d) o digametismo feminino apresenta vantagens adaptativas em relação ao digametismo masculino
  - e) a herança ligada ao sexo será veiculada através do pai
7. Em *drosófila* a fórmula cromossômica 3A + XXX corresponde a:
  - a) intersexuado
  - b) superfêmea
  - c) fêmea triplóide
  - d) macho
  - e) supermacho
8. (UFSCAR) Com relação à herança recessiva ligada ao sexo (ao cromossomo X), a única afirmativa *correta* é:
  - a) raramente os homens são afetados, em comparação com as mulheres
  - b) homens só poderão ser afetados se herdarem o gene responsável de sua mãe
  - c) homens afetados nunca poderão ter filhos não afetados
  - d) exclusivamente os homens são afetados
  - e) mulheres afetadas nunca serão filhas de homens afetados
9. (MACK) A seguinte frase:
 

“Cada homem herda seu cromossomo X de sua mãe e vai enviá-lo, sempre, para suas filhas, nunca para seus filhos”.

  - a) está correta



- b) está incorreta, pois quem tem este comportamento é o cromossomo Y e não o X
- c) está incorreta, pois ele não herda este cromossomo de sua mãe, e sim de seu pai
- d) está incorreta, pois ele pode enviar este cromossomo tanto para seus filhos quanto para suas filhas
- e) está incorreta, por uma razão diferente das acima citadas
10. (UFPA) A hipertricose na orelha é condicionada por um gene localizado na parte não homóloga do cromossomo Y (gene holândrico). Um homem, cujo avô paterno tinha hipertricose, casa-se com mulher normal e sem hipertricose na família. Esse casal tem descendentes com os seguintes fenótipos:
- a) todas as mulheres são portadoras e todos os homens apresentam hipertricose
- b) todas as mulheres são normais e todos os homens apresentam hipertricose
- c) 50% das mulheres e dos homens apresentam hipertricose
- d) 100% das mulheres são normais, enquanto que 25% dos homens apresentam hipertricose
- e) toda a descendência de ambos os sexos é normal
11. (UFPA) Os filhos e as filhas de um homem daltônico e de uma mulher normal têm, todos, visão normal e se casam com pessoas normais;
- Quais os membros da 3ª geração ( $F_2$ ) que podem apresentar daltonismo?
  - Havendo casamento entre primos ( $F_2$ ), onde pode aparecer a anomalia na 4ª geração ( $F_3$ )?
- a) 1. 50% dos membros do sexo masculino descendentes das filhas,  
2. na descendência que se originar do casamento de netas portadoras ( $F_2$ ) com netos normais ( $F_2$ )
- b) 1. 50% dos membros do sexo masculino descendentes dos filhos  
2. entre 50% dos filhos homens de netas normais com netos daltônicos
- c) 1. todos os filhos homens  
2. estará presente em todos os membros da  $F_3$
- d) 1. todas as filhas dos seus filhos  
2. a  $F_3$  será toda normal
- e) 1. todos os membros da 3ª geração  
2. entre os filhos de netas daltônicas com netos portadores
12. (PUCC) Uma mulher normal, cujo pai é daltônico, casa-se com um homem também daltônico. Este casal deverá ter:
- a) todas as filhas daltônicas e metade dos filhos daltônicos
- b) todos os filhos e filhas normais
- c) metade dos filhos daltônicos e metade das filhas daltônicas
- d) todos os filhos daltônicos e metade das filhas daltônicas
- e) n.d.a.
13. (F.E. Bauru) Assinale a alternativa que apresenta a probabilidade de uma mulher normal, filha de mãe daltônica, ter um filho também daltônico:
- a) zero
- b)  $1/8$
- c)  $1/4$
- d) 1
- e) n.d.a.



# Interação Genética

## 1. Conceito

“*Interação genética* é o fato de dois ou mais pares de genes alelos, localizados em cromossomos homólogos diferentes, interagirem entre si para determinar uma mesma característica.”

Um caso clássico de interação genética é o da *forma das cristas em galinhas*. As galinhas domésticas apresentam quatro formas básicas de cristas: simples, ervilha, rosa e noz. Quando se cruzam aves de crista ervilha com aves de crista rosa, ambas puras, em  $F_1$  surgem aves com crista noz. Estas cruzadas entre si, originam em  $F_2$  aves com os quatro tipos de crista nas seguintes proporções:  $\frac{9}{16}$  cristas noz;  $\frac{3}{16}$  cristas ervilha;  $\frac{3}{16}$  cristas rosa;  $\frac{1}{16}$  crista simples. Essa proporção é característica de herança determinada por dois pares de genes alelos.

Estão em jogo, portanto, dois pares de genes alelos, localizados em pares de cromossomos homólogos diferentes. A crista simples, por apresentar menor número de descendentes em  $F_2$  é determinada pelos dois pares de genes recessivos. Como os caracteres crista ervilha e crista rosa são dominantes em relação à crista simples (pode-se confirmar isso nos cruzamentos ervilha  $\times$  simples e rosa  $\times$  simples), cada uma dessas características possui apenas um dos alelos dominantes. A interação desses dois alelos dominantes determina a crista noz.

Se chamarmos de  $E$  o gene que determina o aparecimento de crista ervilha e de  $R$  o gene que determina a crista rosa teremos os seguintes genótipos possíveis:

FENÓTIPOS	noz	ervilha	rosa	simples
GENÓTIPOS	R—E—	rrE—	R—ee	rree

## 2. Interações epistáticas

“*Epistasia* é o fato de um par de genes alelos localizados num determinado par de homólogos inibir a manifestação de outro par de genes alelos, encontrado em outro par de cromossomos homólogos.”



O gene que inibe a ação do outro par de alelos recebe o nome de *epistático*. O gene inibido denomina-se *hipostático*. Note-se que o gene epistático tanto pode ser o alelo dominante como o recessivo. Estes impedem a manifestação do hipostático, que também pode ser o dominante ou o recessivo. Por este motivo pode-se falar em epistasia dominante e recessiva.

Como exemplo de epistasia podemos citar o da *cor da plumagem* em raças diferentes de galinhas, as raças Leghorn e Wyandotte .

As galinhas da raça Leghorn só podem ser coloridas ou brancas. As da raça Wyandotte são somente brancas. Verifica-se que a cor da plumagem na raça Leghorn é determinada por um gene *C*, cujo alelo *c* não condiciona a cor. Contudo, existe um gene *I*, não alelo de *C*, que o inibe impedindo a manifestação da cor. O gene *i*, alelo de *I*, não possui igual efeito.

Assim, as galinhas da raça Leghorn são coloridas desde que tenham o gene *C* e não possuam o gene *I* (*iiC—*). A presença do gene *I* ou a ausência de *C* determinam a plumagem branca na raça Leghorn (*I—C—* ou *I—cc*.) As galinhas da raça Wyandotte são brancas por possuírem os genes *i* e *c* em homozigose: (*iicc*). Portanto, temos:

<i>FENÓTIPOS</i>	Leghorn colorida	Leghorn branca	Wyandotte
<i>GENÓTIPOS</i>	<i>iiC—</i>	<i>I—cc</i> ou <i>I—C—</i>	<i>iicc</i>

O caso citado é de epistasia dominante. O gene dominante *I* (epistático) impede a manifestação do não-alelo dominante *C* (hipostático).

Quando se cruzam aves Leghorn branca (*IICC*) com Wyandotte branca (*iicc*) resultam, em *F*<sub>1</sub>, apenas descendentes brancos (*IiCc*). Estes, cruzados entre si, originam na geração *F*<sub>2</sub> aves brancas e coloridas na seguinte proporção:  $\frac{13}{16}$  brancas e  $\frac{3}{16}$  coloridas.

3. Pleiotropia

“*Pleiotropia* é o fato de um par de genes alelos condicionar várias características ao mesmo tempo.”

Um exemplo, na espécie humana, é a síndrome de Marfan. Síndrome é um conjunto de sintomas que caracterizam uma doença. A síndrome de Marfan é condicionada por um par de genes com efeitos pleiotrópicos. Caracteriza-se pela presença de aracnodactilia (dedos das mãos e pés exageradamente grandes), defeitos cardíacos e por lente ocular anormal.



4. Herança quantitativa

“Herança quantitativa, ou polimeria, é o fenômeno genético pelo qual dois ou mais pares de genes não-alelos contribuem com igual parcela para a variação de um caráter.”

Trata-se de uma outra forma de interação genética determinada por vários pares de genes que condicionam uma variação quantitativa de um mesmo caráter. Estes genes são denominados *polígenes* e cada um deles contribui com uma pequena parcela para a variação gradativa do fenótipo. Têm portanto efeito aditivo ou cumulativo.

Como exemplo de características que variam quantitativamente podemos citar a cor da pele no Homem, o peso, a estatura, a produção de leite, e a produção de frutos nos vegetais.

A cor da pele no Homem foi estudada por Davenport que, em 1913, admitiu que essa característica é condicionada por dois pares de genes não-alelos. Estes não apresentam dominância entre si mas seus efeitos são aditivos ou cumulativos. Assim, o fenótipo negro é determinado por dois pares de genes simbolizados por SSTT. O fenótipo branco é determinado pelos respectivos alelos sstt. Os diversos fenótipos mulatos apresentam diferentes combinações desses genes, constituindo os seus genótipos:

FENÓTIPOS	GENÓTIPOS
Negro	SSTT
Mulato escuro	SSTt ou SsTT
Mulato médio	SsTt ou SStt ou ssTT
Mulato claro	Sstt ou ssTt
Branco	ssst

Como vemos, a herança da cor da pele depende do número de genes representados por letras maiúsculas, presentes no genótipo de cada indivíduo. Assim, um indivíduo branco não apresenta em seu genótipo nenhum gene representado por maiúscula; o mulato claro apresenta um; o mulato médio (intermediário), dois; o mulato escuro, três, e o negro, quatro.

Se cruzarmos um indivíduo branco (ssst) com um negro (SSTT) obteremos, em F<sub>1</sub>, apenas mulatos médios (SsTt). Estes, cruzados entre si, gerarão em F<sub>2</sub> os seguintes fenótipos com suas respectivas proporções:

negro —  $\frac{1}{16}$ ; mulato escuro —  $\frac{4}{16}$ ; mulato médio —  $\frac{6}{16}$ ; mulato claro —  $\frac{4}{16}$ ;  
branco —  $\frac{1}{16}$ .



## 5. Exercícios

1. Em galinhas, os genótipos  $R-ee$ ,  $rrE-$ ,  $R-E-$ ,  $rree$  determinam respectivamente os seguintes tipos de cristas: *rosa*, *ervilha*, *noz* e *simples*. Um galo de crista ervilha heterozigoto é acasalado com uma galinha de crista noz diíbrida. Dar os genótipos das aves cruzadas, a proporção de genótipos e fenótipos dos possíveis descendentes e a probabilidade de aparecer um descendente macho e de crista simples.
2. (Mogi) Em galinhas, a forma da crista pode ser de quatro tipos: rosa, ervilha, noz e simples. A crista rosa dependerá da presença de um gene  $R$  (dominante sobre seu alelo  $r$ ); a crista ervilha dependerá da presença de um gene  $E$  (dominante sobre seu alelo  $e$ ). A presença simultânea de  $R$  e  $E$  na mesma ave produz crista noz, e na ausência dos genes dominantes, a crista será simples. Este é um caso de:  
a) interação gênica  
b) polimeria  
c) pleiotropia  
d) polialelia  
e) poligenia
3. (PUC) Em galinhas, os genótipos  $R-ee$ ,  $rrE-$ ,  $R-E-$ ,  $rree$  determinam, respectivamente, os seguintes tipos de cristas: rosa, ervilha, noz e simples. Em 80 descendentes provenientes do cruzamento  $Rree \times rrEe$ , o resultado esperado será:  
a) 20 noz, 20 rosa, 20 ervilha, 20 simples  
b) 30 noz, 30 rosa, 10 ervilha, 10 simples  
c) 45 noz, 15 rosa, 15 ervilha, 5 simples  
d) 45 noz, 30 rosa, 5 ervilha  
e) 60 noz, 20 simples
4. (FUVEST) A pigmentação da plumagem de galinhas está condicionada por dois pares de genes autossômicos, situados em cromossomos diferentes. O gene  $C$  determina a síntese de pigmento, e seu alelo  $c$  é inativo, determinando a cor branca. O gene  $I$  inibe a formação de pigmentos, e seu alelo  $i$  não o faz. Do cruzamento de indivíduos  $CCii$  com indivíduos  $CcIi$ , quais os genótipos e fenótipos esperados?
5. (PUCC) Um cachorro branco ( $IIBB$ ), cruzado com cachorra branca ( $iibb$ ), deu em  $F_1$  branco ( $IiBb$ ), em  $F_2$  deu 9  $I-B-$  (branco), 3  $I-bb$  (branco), 3  $ii-B$  (preto) e 1  $iibb$  (branco). O que ocorre neste caso é denominado:  
a) polimeria  
b) pleiotropia  
c) epistasia  
d) codominância  
e) n.d.a.
6. (Santa Casa) *Epistasia* é o fenômeno genético pelo qual um gene de um determinado loco age sobre outro gene de outro loco.  
Em casos de epistasia onde estão envolvidos dois locos gênicos, sendo um epistático sobre o outro, o cruzamento de diíbridos não apresentará, na descendência, a proporção fenotípica final:  
 $F_1 = 9 : 3 : 3 : 1$   
Respectivamente, se o loco epistático é dominante ou se o loco epistático é recessivo, as duas proporções fenotípicas ficam:  
a)  $9 : 3 : 4$  e  $12 : 3 : 1$   
b)  $12 : 3 : 1$  e  $9 : 3 : 4$   
c)  $9 : 6 : 1$  e  $15 : 1$   
d)  $12 : 3 : 1$  e  $9 : 7$   
e)  $15 : 1$  e  $9 : 7$



7. (Med. Santos) Em galinhas Leghorn brancas, existe um gene *I* que inibe a manifestação de cor, que é condicionada por um gene *C*. As galinhas Wyandotte brancas não têm gene inibidor de cor *I*, mas não manifestam cor por não possuírem o gene *C*. Do cruzamento de Leghorn branca (IICC) com Wyandotte branca (iicc) aparecem em  $F_2$  aves coloridas, em cujo genótipo ocorre o gene *C* para cor, mas não o gene *I*. Esse caso exemplifica o fenômeno conhecido como:
- a) pleiotropismo  
b) polimeria  
c) interferência  
d) epistasia  
e) reversão
8. (PUC) Na espécie humana, a surdo-mudez é condicionada por dois pares de genes alelos autossômicos. Os indivíduos AABB, AABb, AaBb e AaBB são normais, enquanto os indivíduos AAbb, Aabb, aaBB, aaBb e aabb são surdos. Trata-se, portanto de:
- a) pleiotropismo  
b) ligamento fatorial  
c) polimeria  
d) epistasia  
e) n.d.a.
9. (ABC) Em cães, o gene *I*, que determina cor branca, é epistático em relação ao gene *B*, que determina cor preta, e a seu alelo *b*, que determina cor marrom. Sabe-se também que o gene *I* e seu alelo *i* segregam-se independentemente do gene *B* e de seu alelo *b*. Do cruzamento entre machos e fêmeas com genótipo *IiBb*, esperam-se descendentes que se distribuem na seguinte proporção fenotípica:
- a) 13 : 3  
b) 9 : 3 : 3 : 1  
c) 9 : 6 : 1  
d) 9 : 4 : 3  
e) 12 : 3 : 1
10. (CESCEM) Em galinha, a cor branca pode ser devida a um gene recessivo *c* que determina a não formação de pigmento, em contraposição a seu alelo *C* que determina a formação de pigmento; ou pode ser devida a um gene *I* que impede a manifestação do gene *C*, cujo alelo *i* não impede a manifestação do gene *C*. Uma galinha branca cruzada com macho colorido nº 1 produz 100% de descendentes coloridos, e com macho colorido nº 2, 50% de descendentes coloridos e 50% de descendentes brancos. Escolha no quadro seguinte o genótipo dos 3 indivíduos:

	Galinha	Macho nº 1	Macho nº 2
a)	IICc	iiCC	iiCc
b)	IiCc	IiCc	iiCC
c)	IiCC	iiCC	iiCc
d)	iicc	iiCC	iiCc
e)	iicc	IICC	iiCc

11. (Med. Taubaté) Admitindo-se que a cor da pele no homem seja um caso de herança quantitativa, determinada por dois pares de genes, qual a proporção de crianças brancas que podem ser esperadas de um casamento entre dois mulatos claros?
- a) 100%      b) 0%      c) 50%      d) 25%      e) 12,5%



12. (UFCE) O fenômeno em Genética que consiste no fato de “um par de gens influenciar a manifestação de vários caracteres” é chamado:
- a) polimeria
  - b) pleiotropia
  - c) epistasia
  - d) heterose
13. (CESCEA) Uma mulata, filha de pai branco e mãe preta, casa-se com um homem branco. Seus filhos quanto a cor da pele poderão ser:
- a) somente brancos
  - b) mulatos escuros e brancos
  - c) brancos e mulatos intermediários
  - d) mulatos intermediários e mulatos escuros
  - e) somente mulatos intermediários
14. (Med. Santos) Todos os filhos de um casal são mulatos médios. Provavelmente este casal será constituído por:
- a) dois mulatos médios
  - b) um mulato médio e um negro puro
  - c) um mulato médio e um branco puro
  - d) um negro puro e um branco puro
  - e) um mulato claro e um escuro
15. (CESESP/PE) Qual a probabilidade de um casal de mulato médio, heterozigoto para ambos os genes (SsTt), vir a ter um filho branco e outro preto?
- a) 6,25% para ter um filho branco: 6,25% para ter um filho preto
  - b) 6,25% para ter um filho branco: 11,11% para ter um filho preto
  - c) 50,0% para ter um filho branco: 50,0% para ter um filho preto
  - d) 25,0% para ter um filho branco: 25,0% para ter um filho preto
  - e) 75,0% para ter um filho branco: 25,0% para ter um filho preto
16. (PUC) Qual é a probabilidade de um casal de mulatos com os cabelos e os olhos castanho escuros ter um filho do sexo masculino, branco, com os cabelos loiros e os olhos azuis?
- a) Não pode ser calculada com esses dados
  - b) É de 50%
  - c) É de 1%
  - d) É de 0,06%
  - e) É nula



# *Evolução*

## **1. Teorias evolucionistas**

A simples observação das espécies que atualmente existem na Terra sugere uma questão: seriam elas iguais aos seus ancestrais ou modificadas em relação a eles? Se optarmos pela idéia de espécies sempre iguais aos seus ancestrais, ou seja, imutáveis, estaremos em acordo com o que se chama *fixismo*. No passado, naturalistas como Cuvier e Linneu defenderam o fixismo.

A idéia de espécies que se modificam é, em síntese, o conteúdo da evolução. A *evolução* é portanto o fenômeno natural e gradual responsável pela origem de todos os organismos extintos, como resultado de descendências com modificações.

Duas teorias evolucionistas merecem destaque: as de Lamarck e Darwin.

*Jean Baptiste Lamarck* (1744 a 1829) acreditava na transformação das espécies e a explicava em função da seguinte idéia: “o meio ambiente sofre alterações e os seres vivos teriam que modificar-se para se adaptar às novas condições”. De acordo com isso, Lamarck propôs duas leis que servem de base à sua teoria:

*Lei do uso e desuso*: o uso exagerado e contínuo de certos órgãos ou partes do organismo determina o seu maior desenvolvimento (hipertrofia). O desuso acarreta um desenvolvimento reduzido (atrofia) ou mesmo desaparecimento.

*Lei da transmissão hereditária dos caracteres adquiridos*: os caracteres adquiridos em função do uso ou desuso se tornam hereditários com o passar do tempo. Assim, surgem novas espécies por transformação das já existentes.

A Teoria de Lamarck foi por ele demonstrada com exemplos onde sempre novas características surgem em consequência de alterações ambientais e depois são transmitidas hereditariamente. É o caso do aparecimento de peixes cegos em cavernas subaquáticas, do desaparecimento de patas em cobras e do aparecimento do enorme pescoço das girafas.



O erro de Lamarck está na crença na transmissão hereditária de caracteres adquiridos, pois, apesar de vários experimentos feitos, nunca se conseguiu provar que ela fosse possível.

*Charles Darwin* (1809-1882) foi um naturalista inglês que, aos 22 anos, participou de uma viagem de exploração científica ao redor do mundo, a bordo do navio *Beagle*.

Nos cinco anos de viagem visitou várias regiões, incluindo a América do Sul e o arquipélago de Galápagos. Teve então oportunidade de coletar uma série de observações e exemplares de organismos vivos. Após a viagem de volta a Inglaterra, passou a estudar o material que acumulara. Nesse estudo, três fatos básicos chamaram a sua atenção: as variações apresentadas por indivíduos de mesma espécie; a semelhança entre indivíduos de espécies diferentes que habitavam regiões muito próximas; e a semelhança encontrada entre fósseis que obtivera e certas espécies atuais.

Estes fatos levaram Darwin a admitir a idéia de transformação das espécies. Contudo, Darwin não soube, a princípio explicar o porquê desta transformação.

A resposta a esta questão ocorreu-lhe alguns anos mais tarde ao ler um trabalho de autoria de Thomas Malthus, denominado “Um ensaio sobre o princípio de população”. Malthus afirmava que, enquanto o crescimento de uma população se faz segundo uma progressão geométrica, a quantidade de alimento cresce segundo uma progressão aritmética. Em consequência, um número muito grande de indivíduos competiriam por uma quantidade proporcionalmente menor de alimentos.

Foi a partir daí que Darwin desenvolveu a sua idéia de *seleção natural*, que pode ser condensada da seguinte forma:

- os organismos têm, em potencial, a capacidade de se reproduzir em progressão geométrica;
- contudo, o número de indivíduos de uma mesma espécie, em cada geração, se mantém aproximadamente constante;
- deve ocorrer, portanto, um elevado número de mortes;
- a elevada mortalidade é explicada pelo fato de os indivíduos de uma mesma geração não serem iguais entre si, apresentando variações em grande parte hereditárias. Por não serem iguais, alguns mostram-se mais capazes do que outros de sobreviver e deixar descendentes. Há portanto uma luta pela sobrevivência que é vencida pelos mais aptos, ou seja, pelos possuidores de variações que melhor os adaptem ao meio onde



vivem. A natureza age selecionando os mais aptos. A este processo Darwin designou *seleção natural*.

Estas idéias foram publicadas por Darwin em 1858 em seu livro "A Origem das Espécies". Note-se que, em consequência da seleção natural, sobrevivem os indivíduos portadores das melhores variações adaptativas em relação ao meio em que vivem. Estas variações hereditárias vão se acumulando na descendência, resultando no aparecimento de indivíduos que, por terem herdado muitas modificações, são diferentes de seus ancestrais e constituem-se em uma nova espécie.

Ressalte-se agora a diferença conceitual entre as teorias de Lamarck e Darwin. Lamarck cria no fato de que as mudanças ambientais obrigariam os seres a modificar-se para se adaptarem a elas. Para Darwin o meio apenas selecionaria as mudanças já existentes nos seres. Um exemplo simples poderá esclarecer esta diferença: a existência de cactos em desertos. Pela teoria de Lamarck, os cactos surgiriam em consequência da falta de água. Em Darwin o fato explica-se de modo diverso: os cactos existiriam nos desertos justamente por possuírem adaptações para viver nesse tipo de ambiente.

## 2. Neodarwinismo

Darwin não soube explicar as causas de variações hereditárias das espécies. Atualmente sabemos que estas causas são as mutações e a recombinação genética.

À combinação da teoria evolutiva com as causas de ordem genética que a explicam dá-se o nome de *neodarwinismo* ou *Teoria Sintética da Evolução*.

*Mutações* são modificações hereditárias que envolvem genes e cromossomos. Podem ser espontâneas ou induzidas por agentes mutagênicos como radiações, substâncias químicas etc. As mutações espontâneas, de causa desconhecida, são os principais responsáveis pela evolução das espécies. Determinam o aparecimento de características novas e por isso possibilitam aos organismos vivos adquirir variações adaptativas em relação ao meio em que vivem.

A *recombinação gênica* é conseqüente ao *crossing-over*. Essa troca de partes entre cromátides homólogas permite um novo arranjo de genes nos cromossomos.

Como estes cromossomos estarão nos gametas ao final da meiose, chegarão à descendência com seus novos arranjos gênicos determinando a formação de genótipos diferentes.



### 3. Genética de populações

*População* é um conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem na mesma área e no mesmo tempo, mantendo entre si certa interdependência.

A idéia de espécie está, portanto, vinculada à de população. Assim, ao falarmos em variações hereditárias entre indivíduos de uma mesma espécie como base do processo evolutivo, estamos também nos referindo à variabilidade genética da população formada por esta espécie.

Isto representa que uma população pode ser considerada como uma unidade evolutiva. Poderemos entender melhor essa afirmação se lembrarmos que uma população é constituída por um conjunto de genes, denominado *estoque de genes* (genes “pool”), correspondente ao total dos genes existentes nos indivíduos que a compõem.

Cada gene apresenta determinada frequência dentro de uma população. Se o estoque de genes permanece inalterado, se a frequência gênica não muda, dizemos que *a população está em equilíbrio*, não ocorrendo evolução. Nesse sentido podemos definir *evolução* como qualquer modificação na população que a afaste da situação de equilíbrio, pois isto causaria uma alteração na frequência dos genes.

Para se saber se uma população está em equilíbrio deve-se proceder ao cálculo das frequências gênicas nela. Contudo, faz-se antes necessário caracterizar o tipo de população a que esse cálculo se aplica. Considera-se um tipo especial de população que tem como características ser infinitamente grande, panmítica (as pessoas se casam ao acaso) e não apresentar migrações, mutações e seleção natural.

Para este tipo de população os pesquisadores G. H. Hardy e W. Weinberg estabeleceram um teorema, atualmente conhecido como “teorema de Hardy e Weinberg”, que diz: “em uma população infinitamente grande, onde os cruzamentos ocorram ao acaso e onde não haja seleção natural, mutações e migrações, *as frequências gênicas permanecem constantes*”.

Note-se que os chamados *fatores evolutivos* (seleção natural, mutações, migrações e oscilação gênica) alteram as frequências gênicas, daí estabelecer-se o processo evolutivo. Por oscilação gênica entendemos variações das frequências gênicas durante períodos em que há redução do tamanho da população.

Vejamos agora como se calculam as frequências dos genes e genótipos. Para isso suponhamos que numa população teórica, como a proposta por Hardy e Weinberg, existam dois genes alelos autossômicos, *A* e *a*.



Seja  $p$  a frequência do gene  $A$  e  $q$  a frequência do gene  $a$ . Não havendo outros alelos neste *locus*, a soma das frequências destes genes é igual a 1 (100%):  $p + q = 1$ .

Os indivíduos do sexo masculino desta população poderão produzir espermatozóides contendo  $A$  ou  $a$  e os de sexo feminino, óvulos  $A$  ou  $a$ . Assim serão possíveis os seguintes cruzamentos e descendentes:

espermatozóides		óvulos	descendentes
(A)	+	(A)	→ AA
(A)	+	(a)	→ Aa
(a)	+	(A)	→ Aa
(a)	+	(a)	→ aa

Ora, sendo  $p$  a frequência de  $A$  e  $q$  a frequência de  $a$  temos:

AA	→	$p.p = p^2$	
Aa	→	$p.q = pq$	} $2pq$
Aa	→	$p.q = pq$	
aa	→	$q.q = q^2$	

Portanto, podemos afirmar que  $p^2$  é a frequência de indivíduos AA;  $2pq$  é a frequência de indivíduos Aa e  $q^2$  é a frequência de indivíduos aa.

Como a soma das frequências dos genótipos é igual a 1 (100%), podemos dizer que ela é dada pelo desenvolvimento do binômio  $(p + q)^2 = 1$ , ou seja:  $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ , onde  $p^2$  é a frequência de genótipos AA,  $2pq$  é a frequência de genótipos Aa e  $q^2$  é a frequência de genótipos aa.

Imaginemos agora um exemplo: numa população em equilíbrio genético a frequência de um gene recessivo  $a$  é de 40%. Qual a frequência de indivíduos heterozigotos nessa população?

Para responder chamamos de  $p$  a frequência de  $A$  e de  $q$  a frequência de  $a$ , sendo que  $p + q = 1$ . Como a frequência de  $a$  é de 40% concluímos que a frequência de  $A$  é de 60%. Logo, a frequência de indivíduos Aa será dada por  $2pq$ :  $2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,48$  ou 48%.

Finalmente, uma pergunta: como ocorre a *especiação*, ou seja, a origem de novas espécies? Para isso faz-se necessário, em primeiro lugar, que uma grande população se fragmente em duas ou mais unidades que fiquem geograficamente isoladas entre si.



Estando geograficamente isoladas as unidades poderão seguir vias evolutivas diferentes pela ação dos fatores evolutivos anteriormente citados.

Com o passar do tempo vão-se acumulando diferenças genéticas entre as populações isoladas até que os membros de uma delas já não mais sejam intercruzáveis produzindo prole fértil com os da outra. Quando isso acontece dizemos que as duas populações se tornaram *isoladas reprodutivamente* uma da outra passando a constituir diferentes espécies biológicas.

#### 4. Exercícios

1. (FUVEST) Em um importante trabalho sobre a evolução, publicado no início do século XIX, foi lançada a suposição conhecida por “Lei do uso e desuso”. Pergunta-se:
  - a) Quem foi o autor desse trabalho?
  - b) Sua hipótese é aceita atualmente?
2. (Itajubá) Em síntese, no que consiste a Teoria Evolucionista de Darwin?
3. (PUC) Assinale na relação abaixo a *errada*:
  - a) Cuvier – teoria das grandes catástrofes
  - b) Lamarck – lei do uso e desuso
  - c) Malthus – teoria do crescimento das populações
  - d) Mendel – teoria cromossômica da herança
  - e) Darwin – teoria da seleção natural
4. (IMS) Estruturas muito solicitadas se hipertrofiam, ao contrário daquelas que apresentam pouca utilidade, e tendem à atrofia. Os caracteres adquiridos passam aos descendentes por processos hereditários.

O texto acima identifica uma das hipóteses que tentam explicar o processo da evolução biológica. Que nome ela recebe?

  - a) Neo-Lamarckismo
  - b) Darwinismo
  - c) Lamarckismo
  - d) Neo-Darwinismo
  - e) n.d.a.
5. (CESCEM) A afirmação: – “animais que precisam correr para escapar de seus inimigos desenvolvem muito os músculos das pernas” –
  - a) caracteriza as teorias de Lamarck e Darwin
  - b) caracteriza apenas a teoria de Lamarck
  - c) caracteriza apenas a teoria de Darwin
  - d) não caracteriza a teoria de Lamarck nem a de Darwin
  - e) caracteriza apenas a teoria neodarwinista
6. (FESP) O autor de “Da origem das espécies por via de seleção natural” foi:
  - a) o antropologista francês Emile Durkhain
  - b) o fisiologista francês Charles Dubois
  - c) o naturalista alemão Mendel, que descobriu as leis da hereditariedade
  - d) o naturalista e fisiologista inglês Charles Darwin
  - e) o naturalista alemão Alexandre Von Humbolt



7. (FUVEST) A teoria da Seleção Natural foi proposta por:
- Darwin
  - Weismann
  - Malthus
  - Lamarck
  - Mendel
8. (OSEC) Numa população onde a frequência de um gene dominante  $A$  é de 50% e a do seu alelo recessivo  $a$  também é de 50%, a proporção de indivíduos que manifestem o caráter dominante será de:
- 0%
  - 25%
  - 50%
  - 75%
  - 100%
9. (Med. Santos) Em uma população, a frequência de heterozigotos para uma certa anomalia, determinada pelo gene recessivo  $a$  (sendo  $A$  dominante sobre  $a$ ) é de 0,32 e a de indivíduos normais é de 0,64. Qual a frequência do gene  $a$ ?
- 0,16
  - 0,04
  - 0,96
  - 0,8
  - 0,2
10. (OSEC) Numa população em equilíbrio e suficientemente grande, onde os cruzamentos se processam ao acaso, verificou-se que existem 2.000 indivíduos com incapacidade de enrolar a língua e 30.000 com capacidade de enrolar a língua. Supondo que essa capacidade seja condicionada por um gene dominante, o número de indivíduos heterozigotos na população será de aproximadamente:
- 12.000
  - 16.000
  - 4.500
  - 25.000
  - 8.000
11. (PUCC) Em certa população, 16% dos indivíduos são de grupo sanguíneo N. Quantos indivíduos provavelmente serão do grupo MN nessa população?
- 60%
  - 48%
  - 40%
  - 16%
  - n.d.a.
12. (PUC) A frequência de um gene recessivo  $a$ , numa população panmítica, em equilíbrio, é 0,25. A frequência de indivíduos homozigotos recessivos nesta população é:
- 0,0625
  - 0,2500
  - 0,5000
  - 0,1875
  - 1,7500
13. (FUVEST) Em uma população em equilíbrio genético a frequência do gene autossômico e recessivo  $d$ , que causa retardamento mental, é de 20% (0,2). Qual é a porcentagem, nessa população, de débeis mentais devidos a este gene?
14. (PUCSP) Sabendo-se que a frequência de um gene recessivo  $a$  numa dada população é 0,3, as frequências genotípicas esperadas para essa população, se estiver em equilíbrio, serão:
- |    | aa   | aA   | AA   |
|----|------|------|------|
| a) | 0,3  | 0,15 | 0,55 |
| b) | 0,3  | 0,00 | 0,7  |
| c) | 0,09 | 0,42 | 0,49 |
| d) | 0,09 | 0,21 | 0,7  |
| e) | 0,25 | 0,50 | 0,25 |
15. (PUCSP) A fórmula  $(p + q)^2 = 1$  expressa a lei de Hardy-Weinberg onde  $p$  indica a frequência de genes dominantes e  $q$  a frequência de genes recessivos. Conclui-se que a frequência total dos genes existentes, numa população em equilíbrio, é igual a:
- 1
  - 2
  - $2pq$
  - $2pq^2$
  - $2p^2q^2$
16. Em uma população em equilíbrio genético a frequência do gene autossômico e recessivo  $a$ , que determina o albinismo, é de 30% (0,3). Qual a porcentagem, nessa população, de indivíduos heterozigotos normais?



Os seres vivos são classificados, denominando-se o conjunto de seres semelhantes, em grupos diferentes segundo categorias hierárquicas. A seguinte nomenclatura representa a classificação: Reino, Filo (Phylum), Classe, Ordem, Família, Género e Espécie.

A espécie é a unidade básica da classificação. Segundo Mayr, espécie é um conjunto de indivíduos que, por terem a mesma constituição genética, são geneticamente intercruzáveis com facilidade. Dado os seus aspectos morfológicos comuns, formam um grupo. Os grupos com características comuns formam uma família. As famílias agrupam-se em ordens e estes em classes. As classes formam filões.

# ZOOLOGIA

3

Existem categorias abaixo das espécies eventualmente subdivididas como subespécies (variety), subordens, subfilos etc. Mas classificações vegetais ou



Toucan Carolinense — *Toucan carolinensis*



# Os Grupos Animais

## 1. Introdução

Os seres vivos são classificados, considerando-se o conjunto de suas características, em grupos dispostos segundo categorias hierárquicas. A sequência hierárquica atualmente utilizada é: Reino, Filo (*Phylum*), Classe, Ordem, Família, Gênero e Espécie.

A espécie é a unidade básica da classificação. Segundo Meyr, espécie é um conjunto de indivíduos que, por terem a mesma constituição genética, são potencialmente interfecundos com prole fértil. Duas ou mais espécies com características comuns formam um gênero. Gêneros com características comuns formam uma família. As famílias agrupam-se em ordens e estas em classes. As classes formam filos. A reunião dos filos forma o reino.

Essas categorias podem apresentar eventualmente subdivisões como subespécie (raça), superclasse, subfilo etc. Nas classificações vegetais costuma-se substituir a designação filo por divisão.

O reino animal é dividido nos seguintes *filos*:

Protozoários — animais unicelulares.

Poríferos — esponjas.

Celenterados — águas-vivas, corais.

Platelmintos — planária, solitária.

Asquelmintos — lombriga.

Anelídeos — minhoca, sanguessuga.

Artrópodes — insetos, crustáceos, aracnídeos e miriápodes.

Moluscos — ostras, polvos, caracóis.

Equinodermos — estrela-do-mar, ouriço-do-mar.

Cordados — apresentam os subfilos Hemicordados (*Balanoglossus*), Urocordados (Ascídias), Cefalocordados (Anfioxo) e Vertebrados.

Subfilo Vertebrados apresenta *classes*:

Ciclóstomos — lampréias.

Peixes Cartilaginosos — tubarão, cação.



Peixes Ósseos — bacalhau, bagre.

Anfíbios — sapo, rã.

Répteis — cobras, jacarés.

Aves — avestruz, pássaros, pingüins.

Mamíferos — baleia, peixe-boi, homem.

Exceção feita aos protozoários, os demais animais são pluricelulares e conhecidos como metazoários. Metazoários com coluna vertebral são ditos vertebrados. Os demais metazoários são invertebrados.

Antes de passarmos ao estudo do primeiro grupo de animais, discutiremos o modo de se dar nome aos seres vivos. Usa-se para isso o sistema binominal que consiste em dar-se a cada ser vivo dois nomes, escritos em latim: o do gênero seguido pelo da espécie. O nome do gênero deve ser uma só palavra, um substantivo, escrito com letra inicial maiúscula. O nome da espécie deve ser uma palavra simples ou composta, em geral um adjetivo, escrito com letra inicial minúscula. Como exemplo temos: *Homo sapiens* — homem; *Ascaris lumbricoides* — lombriga.

Note-se que os nomes dos seres vivos, quando manuscritos, devem ser grifados. Se impressos devem ser escritos em itálico.

## 2. Protozoários

Protozoários são animais unicelulares. Conhecem-se cerca de 30 000 espécies desses animais, os quais podem viver livremente ou estar associados a outros seres. Os protozoários de vida livre são encontrados em todos os ambientes: aquático, aéreo e terrestre. Os associados estabelecem com outros seres relações do tipo parasitismo, comensalismo e simbiose.

Por serem unicelulares, os protozoários apresentam-se constituídos por membrana, citoplasma e núcleo. No citoplasma encontram-se estruturas responsáveis por várias funções vitais desses animais. São as *organelas*. Há organelas para locomoção, excreção, digestão etc.

### a) As funções vitais

Para a *locomoção*, os protozoários dispõem de organelas especiais denominadas pseudópodes, flagelos e cílios. Os *pseudópodes* são projeções transitórias do citoplasma que servem à locomoção e captura de alimentos. Os *flagelos* são filamentos longos e delgados, semelhantes a chicotes que, com seu movimento serpenteante, produzem correntes no meio líquido, capazes de promover a locomoção do animal. Os *cílios* são filamentos



estruturalmente semelhantes aos flagelos. Caracterizam-se contudo por serem curtos e por se apresentarem sempre em grande número.

A organela utilizada para a *digestão* é o *vacúolo digestivo*. Um protozoário de vida livre como a *Amoeba* é capaz de englobar partículas em qualquer parte da superfície celular através da emissão de pseudópodes. Após o englobamento há a formação do vacúolo digestivo em cujo interior a partícula ingerida sofre decomposição enzimática. O vacúolo digestivo circula pelo citoplasma e, após a digestão, aproxima-se da membrana, eliminando para o exterior restos e partículas não digeríveis.

Para a excreção os protozoários utilizam o *vacúolo pulsátil*. Este é constituído por uma câmara arredondada denominada cavidade central, dotada de um orifício, e por um conjunto de seis a onze canais radiais que convergem para a cavidade. Os vacúolos pulsáteis existem apenas em protozoários de água doce. Estes possuem o seu meio interno mais concentrado que o meio externo onde vivem. Daí haver, por osmose, entrada contínua de água. Os vacúolos pulsáteis impedem que o excesso de água resulte em explosão celular: os canais radiais retiram todo o excesso de água existente no citoplasma, levando-a para a cavidade central. Esta se contrai e expulsa a água para o meio externo através do orifício.

A *respiração* dos protozoários pode ser aeróbica e anaeróbica. A aeróbica é feita por protozoários que vivem em meio onde há abundância de oxigênio livre. Nesse caso, a troca de gases respiratórios se faz por toda a superfície celular. A respiração anaeróbica é feita por protozoários que vivem em meios onde há pouco oxigênio. É o caso de parasitas que habitam o intestino de animais superiores.

A *reprodução* dos protozoários pode ser assexuada e sexuada. Na reprodução assexuada os indivíduos descendem de um só animal, não havendo participação de estruturas reprodutivas especiais. Um processo assexuado é a *cissiparidade* ou divisão binária. Consiste na divisão do indivíduo em duas metades, geralmente iguais, após o que cada uma cresce até atingir o tamanho original. É o que acontece com a *Amoeba*. Outro processo assexuado é a *esporulação* que consiste em várias divisões nucleares seguidas de fragmentação do citoplasma. Cada parte do citoplasma envolve um dos núcleos-filhos, originando-se várias células de pequeno tamanho. Este processo é observado no protozoário denominado *Plasmodium*. A reprodução sexuada em protozoários caracteriza-se pela união de células com posterior fusão de seus núcleos. No processo sexuada denominado *conjugação*, observado no *Paramecium*, dois destes animais se unem temporariamente e



trocam material nuclear. Após a troca separam-se e passam a se dividir por cissiparidade.

### b) Classificação

A classificação baseia-se na presença e no tipo de organelas de locomoção. As principais classes são: Rizópodes, Flagelados, Esporozoários e Ciliados.

Os *rizópodes* locomovem-se por pseudópodes. São rizópodes a *Amoeba proteus*, de vida livre, e a *Entamoeba histolytica*, parasita do intestino humano. Esta última causa a doença amebíase ou disenteria amebiana e é adquirida pela ingestão de alimentos contaminados por cistos (formas resistentes).

Os *flagelados* locomovem-se por flagelos. Há flagelados de vida livre e espécies parasitas de plantas e animais. Entre os parasitas destacam-se: *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania brasiliensis* e *Giárdia lamblia*. O *Trypanosoma cruzi* é causador da doença de Chagas ou miocardite chagásica. É adquirido através das fezes do inseto *Triatoma infestans* (barbeiro). A *Leishmania brasiliensis* causa a leishmaniose tegumentar (úlceras de Bauru). É adquirida através da picada do inseto *Phlebotomus intermedius* (birigui). A *Giárdia lamblia* é parasita intestinal causando a doença giardíase. É adquirida pela ingestão de alimentos contaminados por cistos.

Os *esporozoários* não possuem organelas de locomoção e reproduzem-se por esporulação, embora em seu ciclo vital também se observem fases sexuais. São esporozoários os protozoários do gênero *Plasmodium*, que apresenta várias espécies causadoras da malária. Adquire-se a doença através da picada das fêmeas de insetos do gênero *Anopheles* (mosquito-prego).

Os *ciliados* são protozoários que se locomovem por cílios. A maioria dos ciliados é de vida livre como os animais pertencentes ao gênero *Paramecium*.

## 3. Exercícios

(PUC) Os seguintes organismos:

- I – tubarão
- II – paramécio
- III – pomba
- IV – homem
- V – peixe-boi
- VI – craca
- VII – bactéria
- VIII – cobra-cega

- IX – pingüim
- X – mexilhão
- XI – bolor
- XII – lampréia
- XIII – piolho-de-cobra
- XIV – balanoglossus
- XV – anfioxo



foram reunidos em diversos grupos. Nas questões 1, 2, 3 e 4, relacione cada grupo com o critério de classificação utilizado.

1. Protistas

- |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| a) XIV – XV                    | d) II – VII – XI |
| b) I – III – IV – V – IX – XII | e) n.d.a.        |
| c) VI – VIII – X – XIII        |                  |

2. Vertebrados

- |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| a) XIV – XV                    | d) II – VII – XI |
| b) I – III – IV – V – IX – XII | e) n.d.a.        |
| c) VI – VIII – X – XIII        |                  |

3. Invertebrados

- |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| a) XIV – XV                    | d) II – VII – XI |
| b) I – III – IV – V – IX – XII | e) n.d.a.        |
| c) VI – VIII – X – XIII        |                  |

4. Protocordados

- |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| a) XIV – XV                    | d) II – VII – XI |
| b) I – III – IV – V – IX – XII | e) n.d.a.        |
| c) VI – VIII – X – XIII        |                  |

5. (FATEC) Na ordenação das categorias taxonômicas, a seqüência seguinte é correta:

- a) ordem – classe – filo – família – gênero – espécie
- b) classe – família – filo – ordem – gênero – espécie
- c) filo – ordem – classe – família – gênero – espécie
- d) filo – classe – família – ordem – gênero – espécie
- e) filo – classe – ordem – família – gênero – espécie

6. (FATEC) Dois animais que pertençam à mesma *Classe* certamente pertencerão:

- a) à mesma Espécie
- b) ao mesmo Gênero
- c) ao mesmo Filo
- d) à mesma Ordem
- e) à mesma Família

7. (UFPA) Na classificação biológica as ordens se constituem pela reunião de:

- |            |             |
|------------|-------------|
| a) gêneros | d) famílias |
| b) classes | e) grupos   |
| c) filios  |             |

8. (Med. Santos) O homem pertence ao filo:

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| a) <i>Vertebrata</i> | d) <i>Carnivora</i> |
| b) <i>Mammalia</i>   | e) <i>Animalia</i>  |
| c) <i>Chordata</i>   |                     |



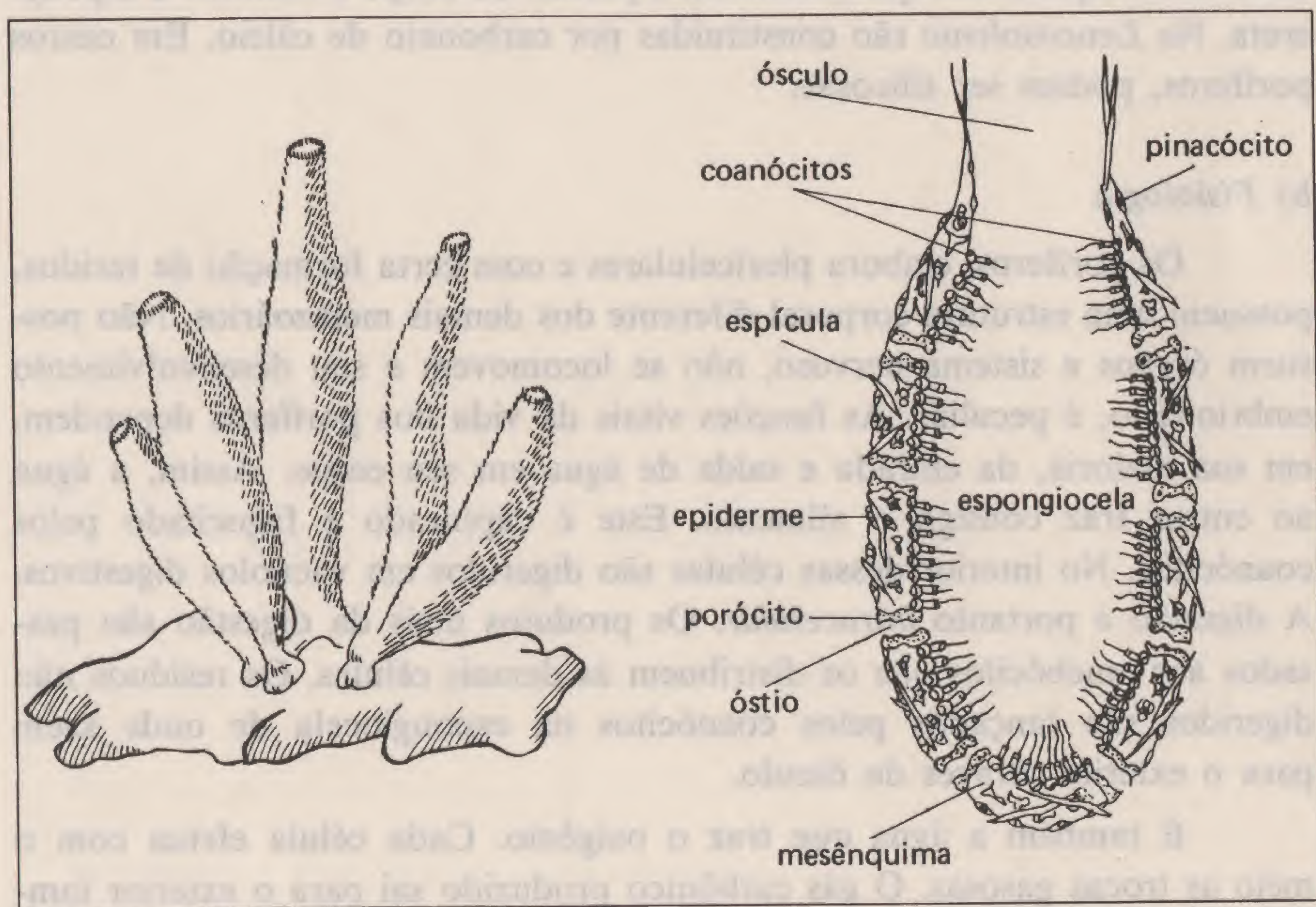
# Poríferos e Celenterados

## 1. Poríferos

Poríferos ou espongiários são animais pluricelulares que apresentam poros na parede do corpo. Conhecem-se cerca de 5 000 espécies de poríferos, todos vivendo em ambiente aquático, principalmente marinho. São animais sésseis, fixando-se sobre rochas, conchas e outros objetos.

### a) Estrutura

Os poríferos apresentam forma variada, geralmente de urna ou vaso, sendo assimétricos ou de simetria radiada. Para o estudo de sua estrutura utilizaremos esponjas do gênero *Leucosolenia*. São esponjas marinhas que formam colônias onde as espécies mais simples apresentam-se como tubos verticais, em forma de vaso, unidos ventralmente por tubos horizontais. Na parede do corpo há numerosos poros por onde há entrada de água e alimentos.



Leucosolenia

Leucosolenia (corte)



Na figura anterior, cada tubo vertical é um indivíduo cuja estrutura passamos a analisar. A forma é a de um vaso. Este apresenta em seu interior uma cavidade denominada *átrio* ou *espongiocela*. A espongiocela comunica-se com o meio externo através de uma abertura situada no extremo apical, denominada *ósculo*. É pelo ósculo que se dá a saída da água que penetra na esponja.

A parede do corpo é constituída por duas camadas celulares. A camada externa é formada por células achatadas denominadas pinacócitos. Entre eles há células denominadas *porócitos*, células que possuem um canal em seu interior. Como os porócitos se estendem desde a parede externa até a parede interna é por eles que ocorre a entrada de água desde o exterior para a espongiocela, através da abertura chamada *óstio*. A camada interna é formada por células flageladas providas de um colarinho, formação membranosa que envolve o flagelo. São os *coanócitos*. Essas células revestem a espongiocela e o batimento de seus flagelos faz com que a água existente no interior da cavidade saia pelo ósculo.

Entre as camadas externa e interna há um mesênquima gelatinoso onde se encontram células e espículas. As células são dotadas de movimentos amebóides e por isso denominadas *amebócitos*. As espículas são elementos esqueléticos que sustentam a parede do corpo e mantêm a esponja ereta. Na *Leucosolenia* são constituídas por carbonato de cálcio. Em outros poríferos, podem ser silicosas.

#### b) Fisiologia

Os poríferos, embora pluricelulares e com certa formação de tecidos, possuem uma estrutura corporal diferente dos demais metazoários. Não possuem órgãos e sistema nervoso, não se locomovem e seu desenvolvimento embrionário, é peculiar. As funções vitais da vida dos poríferos dependem, em sua maioria, da entrada e saída de água em seu corpo. Assim, a água ao entrar traz consigo o alimento. Este é capturado e fagocitado pelos coanócitos. No interior dessas células são digeridos em vacúolos digestivos. A digestão é portanto *intracelular*. Os produtos úteis da digestão são passados aos amebócitos que os distribuem às demais células. Os resíduos não digeridos são lançados pelos coanócitos na espongiocela de onde saem para o exterior através do ósculo.

É também a água que traz o oxigênio. Cada célula efetua com o meio as trocas gasosas. O gás carbônico produzido sai para o exterior também dissolvido na água. A reprodução dos poríferos pode ser assexuada



e sexuada. Um importante processo de reprodução *assexuada* nesses animais é a *regeneração*. Possuem grande poder de regenerar partes perdidas do corpo. Qualquer parte cortada de uma esponja tem a capacidade de desenvolver-se em uma esponja completa.

Quanto à reprodução *sexuada* observa-se que a maioria das esponjas é hermafrodita. Não há gônadas e os gametas são formados a partir de amebócitos (nesse caso chamados arqueócitos). A fecundação é interna. Em algumas esponjas o desenvolvimento ocorre no interior do organismo materno. Em outras, do ovo origina-se uma larva, denominada anfiblástula, que sai pelo ósculo e fixa-se a um substrato qualquer, dando origem a uma nova esponja. O desenvolvimento é, portanto, *indireto*, ou seja, há uma fase larval intermediária.

## 2. Celenterados

### a) Introdução

Animais como a hidra, as águas-vivas e os corais pertencem ao grupo dos celenterados ou cnidários. Estes animais existem em grande número nos ambientes marinhos, havendo poucas espécies em água doce.

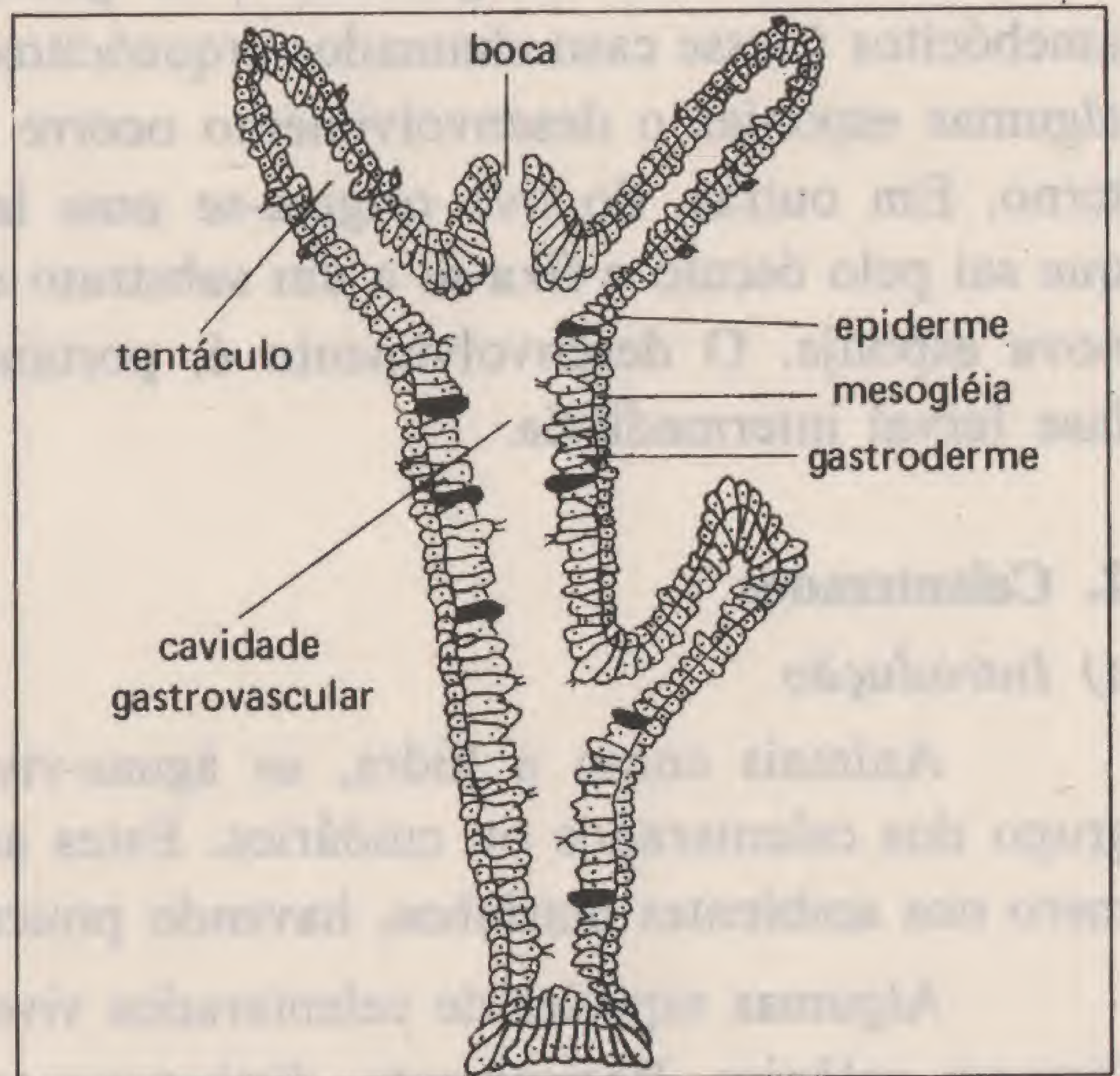
Algumas espécies de celenterados vivem livremente enquanto outras formam colônias. Basicamente, distinguem-se duas formas de corpo entre os celenterados: o *pólipo* ou hidrante e a *medusa*. Os pólipos têm o aspecto de um cilindro de base fechada por onde se fixam a um substrato. Na parte superior, localiza-se a boca, que é ladeada por tentáculos. As medusas têm o aspecto de um guarda-chuva aberto, onde a boca apresenta-se voltada para baixo e também rodeada por tentáculos. Seu corpo é gelatinoso e nadam livremente.

### b) A hidra

Para entendermos os celenterados estudaremos a *hidra*. Trata-se de um pequeno pólipo encontrado em águas doces de lagos e rios, onde se fixa na superfície de rochas ou de vegetais aquáticos. Seu corpo tem a forma de um tubo cilíndrico oco, de cerca de 30 mm de comprimento. O tubo é fechado na base, sendo por aí que o animal se fixa ao substrato. Na parte superior localiza-se a boca rodeada por cerca de 6 a 10 tentáculos ocos. A boca se abre numa cavidade digestiva, o *enteron* ou *cavidade gastrovascular* situada no interior do corpo e com comunicações com as cavidades dos tentáculos.



A hidra, como os demais celenterados, é um animal *diploblástico*, ou seja, apresenta a parede do corpo formada por duas camadas celulares, a *epiderme*, externa, e a *gastroderme*, interna. Entre as duas camadas celulares há uma massa gelatinosa denominada *mesogléia*. Ao longo de toda a epiderme, embora em maior quantidade nos tentáculos, encontram-se células denominadas *cnidoblastos* ou *células urticantes*. Essas células eliminam secreções tóxicas e são utilizadas para defesa, ataque e obtenção de presas. Na gastroderme encontram-se as células *epiteli digestivas* que possuem fibrilas contráteis, dispostas em sentido transversal. A contração dessas fibrilas provoca a redução do diâmetro do corpo, tornando-o mais fino e longo. Além disso, essas células possuem dois flagelos em sua parte apical e são capazes de emitir pseudópodes.



Hidra (corte longitudinal)

Distribuídas na epiderme e em menor quantidade na gastroderme, existem *células sensoriais* cuja base está ligada a *células nervosas*. Estas formam uma rede na epiderme e na mesogléia. Não se observam centros coordenadores das funções nervosas. Por isso, a rede de células nervosas forma o que se chama *sistema nervoso difuso*. A presença de sistema nervoso e de uma cavidade digestiva é uma importante aspecto evolutivo dos celenterados em relação aos poríferos.

Para a *nutrição*, a hidra dispõe, como vimos, da boca ladeada por tentáculos e ligada à cavidade gastrovascular. Não há ânus e esse fato caracteriza o seu sistema digestivo como do tipo *incompleto*. O alimento (a hidra é carnívora) é capturado pelos tentáculos e trazido à boca. Daí chega à cavidade gastrovascular onde é digerido por enzimas fabricadas por células da gastroderme, as *células glandulares*. Essa digestão realizada no interior da cavidade digestiva é do tipo *extracelular*. A parte do alimento que é completamente digerida é absorvida por células da gastroderme. O restante é englobado por pseudópodes emitidos pelas células epiteli digestivas, em



cujo interior completa-se a digestão. Trata-se, portanto, de uma digestão *intracelular*. Os resíduos não digeridos são eliminados pela própria boca.

A hidra não possui estruturas especiais para a *excreção e respiração*. O oxigênio é trazido pela água e chega, por difusão, diretamente às células. O gás carbônico e os restos metabólicos eliminam-se também por difusão.

A *reprodução* da hidra pode ser assexuada e sexuada. Um processo assexuado é a *regeneração*, ou seja, a capacidade de repor partes perdidas do corpo. Se um animal for cortado em partes, cada uma delas regenera o restante do corpo, tornando-se um novo animal.

Quanto à reprodução *sexuada*, a hidra normalmente não possui gônadas. Essas podem contudo aparecer em certas épocas do ano. Quando isso acontece os testículos produzem espermatozóides e os ovários óvulos. Da união das células sexuais forma-se a célula-ovo que, desenvolvendo-se, dá origem a um novo animal.

Note-se que geralmente os indivíduos são dióicos, isto é, apresentam uma só gônada, embora existam espécies monóicas.

### c) Classificação

Os celenterados apresentam-se divididos em três classes: hidrozoários, cifozoários e antozoários.

Os *hidrozoários* são pólipos bem desenvolvidos com fase de medusa pequena ou ausente. A essa classe pertencem a *Hidra* e a *Obélia*.

A obélia é uma colônia de pólipos, ou seja, um conjunto de indivíduos agrupados com repartição de trabalho. Além disso, ela possui uma fase intermediária de vida na forma de medusa. Há pólipos encarregados da nutrição da colônia enquanto outros são reprodutivos. A reprodução da obélia se faz por *metagênese* ou alternância de gerações: os pólipos reprodutivos produzem assexuadamente medusas. Essas são de sexos separados e suas gônadas produzem gametas. Os gametas são lançados na água, onde ocorre a *fecundação externa*. Do zigoto formado surge uma larva ciliada, denominada *plânula*. A plânula nada livremente até fixar-se a um substrato onde, por brotamento, dá origem a uma nova colônia. É por alternarem-se fases de reprodução assexuada e sexuada que se fala em metagênese.

Os *cifozoários* são predominantemente medusas. Os pólipos, chamados *cifístomas*, são de pequeno tamanho e vida curta. Há metagênese. Um cifozoário é a *Aurelia* ou água-viva.

Os *antozoários* são exclusivamente pólipos e não fazem metagênese. Pertencem a esta classe os corais e anêmonas-do-mar. Os corais são pólipos



coloniais possuidores de exosqueleto calcário. Da união de milhares desses esqueletos surgem os recifes de coral.

### 3. Exercícios

1. (Med. Taubaté) Invertebrados fixos, diploblásticos, com mesogléia, sem órgãos, com digestão exclusivamente intracelular, com larva ciliada livre-natante. Trata-se de:
  - a) protozoários
  - b) espongiários
  - c) equinodermas
  - d) nematelmintos
  - e) celenterados
2. Parazoários, diploblásticos, assimétricos ou de simetria radiada. São:
  - a) platelmintos
  - b) celenterados
  - c) poríferos
  - d) anelídios
  - e) n.d.a.
3. Células flageladas, providas de colarinho. São:
  - a) amebócitos
  - b) coanócitos
  - c) porócitos
  - d) pinacócitos
  - e) n.d.a.
4. (Fac. J. Celso Lisboa) As esponjas apresentam habitat:
  - a) totalmente marinho
  - b) totalmente aquático
  - c) água doce e terra úmida
  - d) totalmente água doce
  - e) totalmente terrestre
5. (Med. Taubaté) Os corais verdadeiros pertencem:
  - a) ao filo *Cnidaria*
  - b) à classe *Hydrozoa*
  - c) à classe *Scyphozoa*
  - d) à classe *Anthozoa*
  - e) à ordem *Siphonophora*
6. (ACAFE/SC) Hidras, medusas, corais e caravelas pertencem ao filo:
  - a) celenterado
  - b) porífero
  - c) anelídio
  - d) equinodermo
  - e) platelminto
7. (Fund. Lusíada) Cnidoblasto é:
  - a) a célula que vai originar o nematocisto
  - b) uma célula modificada que vai dar origem a um cnidário
  - c) uma célula intersticial modificada que contém o nematocisto
  - d) a célula inicial que dá origem a uma colônia de cnidários
  - e) uma célula que por transformações sucessivas origina um nematocisto
8. (FUVEST) Esquematize o processo de alternância de gerações em um hidrozoário colonial.



# Os Vermes

## 1. Introdução

Sob a designação *vermes* incluem-se três filos animais: platelmintos, asquelmintos e anelídeos. Platelmintos são vermes achatados como a planária e a solitária. Asquelmintos são vermes redondos como a lombriga. E os anelídeos são os vermes anelados, como é o caso da minhoca.

Os vermes apresentam considerável progresso em relação aos poríferos e celenterados. Podemos constatar isso caracterizando os platelmintos: trata-se de animais de simetria bilateral triploblásticos, acelomados, sistema nervoso centralizado, sistema digestivo incompleto e já possuem sistema excretor e gônadas permanentes.

Analisemos estas características. *Simetria bilateral* representa ser possível dividir, por um plano mediano, o corpo do animal em duas metades simétricas. Isso representa que esse animal apresenta extremidades anterior e posterior, superfícies superior (dorsal) e inferior (ventral) e, portanto, lados direito e esquerdo. Esse tipo de simetria aparece em todos os vermes e em quase todos os grupos de animais que estudaremos a partir de agora.

Ser *triploblástico* representa possuir uma terceira camada de células, a *mesoderme*, localizada entre a ecto e a endoderme. A mesoderme, que substitui a mesogléia dos celenterados, produz músculos e órgãos. Note-se que todos os grupos de animais que se seguirão ao estudo dos platelmintos são triploblásticos.

Os platelmintos são *acelomados* porque, além da cavidade digestiva, não possuem nenhuma outra cavidade do corpo. Nos asquelmintos surge uma cavidade que por ser apenas parcialmente revestida pela mesoderme é denominada *pseudoceloma*. Nos anelídeos surge pela primeira vez um *celoma* verdadeiro, ou seja, uma cavidade totalmente revestida pela mesoderme. São por isso ditos *celomados*. Serão também celomados todos os grupos que estudarmos após os anelídeos.

O *sistema nervoso centralizado* que pela primeira vez surge em platelmintos também é uma característica que se repetirá não só nos demais vermes como também nos grupos seguintes de animais, inclusive os superiores.



Embora nos platelmintos o *sistema digestivo* seja incompleto, pela inexistência de ânus, nos asquelmintos observa-se a presença de um sistema digestivo completo, ou seja, com ânus. Essa característica também se repetirá nos grupos seguintes.

Embora ausentes em platelmintos e asquelmintos o *sistema circulatório* aparecerá em anelídeos. E também a presença de sistema excretor e gônadas permanentes observada nos platelmintos manter-se-á nos demais grupos.

Passaremos agora ao estudo dos vermes, em separado, não sem antes recordar que em nenhum grupo desses animais observa-se a presença de esqueleto.

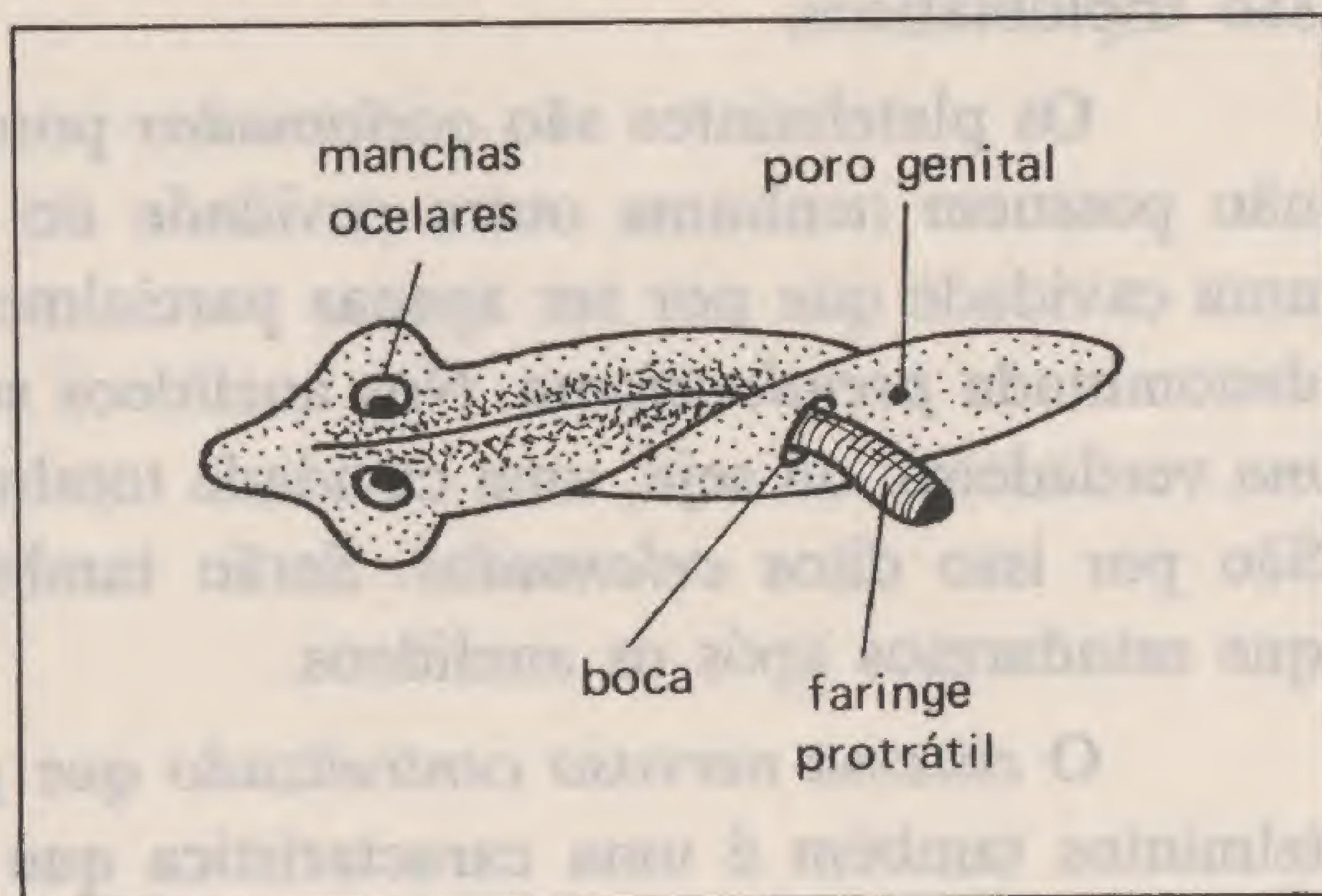
## 2. Platelmintos

Para estudo dos platelmintos usaremos a planária (*Dugesia sp*). Trata-se de um verme de vida livre encontrado nas águas doces de rios, lagos e fontes.

### a) A planária

O corpo da planária é achatado dorsoventralmente e mede cerca de 2 cm de comprimento por 5 mm de largura. Na extremidade anterior destaca-se a cabeça de forma triangular. Nela há duas *manchas oclares* de aspecto escuro que são receptores fotossensíveis. A boca localiza-se em posição ventral, próxima à parte média do corpo. Pela boca se protraí a faringe durante a alimentação. Nos indivíduos sexualmente maduros, pouco atrás da boca pode ser observado um poro genital.

O corpo da planária é revestido pela *epiderme* com células cúbicas e ciliadas. Sob a epiderme há uma membrana basal e sob esta 3 camadas de fibras musculares: circular, diagonal e longitudinal. Há também fibras dorsoventrais. As contrações musculares permitem o movimento do animal.



A planária



A planária é acelomada, não possuindo cavidade do corpo. Entre as camadas musculares e os órgãos internos, há um *parênquima* constituído por uma rede frouxa de células sem membrana definida.

O *sistema digestivo* da planária é *incompleto*. É constituído por boca, faringe, intestino com três ramos. Não há ânus. O alimento (a planária é carnívora) após ingerido e deglutido chega ao intestino onde sofre *digestão extra e intracelular*. Esta última ocorre no interior de células da parede intestinal. O material não-digerido é expulso pela própria boca.

A *excreção* da planária se faz por meio das *células flama* ou *solenócitos*. Estas têm a forma de um tubo com uma cavidade em cujo interior há cílios. As excreções são recolhidas pelas células flama e, graças ao batimento ciliar, chegam a tubos longitudinais aos quais estas células se ligam. Por meio destes tubos as excreções chegam ao exterior do corpo.

A planária possui *sistema nervoso centralizado*. Este é constituído por dois *gânglios cerebróides* interligados e localizados na região cefálica, dos quais partem dois cordões nervosos longitudinais. Estes possuem conexões transversais e ramos periféricos. Como estruturas sensoriais, há manchas oclares sensíveis à luz, células táteis e quimiorreceptores. Estes últimos localizados nas regiões laterais da cabeça dotam o animal de sensibilidade gustativa e olfativa.

A planária não possui sistemas *respiratório* e *circulatório*. Sua *reprodução* pode ser assexuada e sexuada. Um processo assexuado é a *regeneração*: um animal cortado em 3 pedaços origina três animais completos. Do ponto de vista sexuada a planária é hermafrodita, possuindo ao mesmo tempo genitais masculino e feminino. A fecundação é interna e cruzada. Duas planárias justapõem seus poros genitais, realizando copulação mútua, ou seja, o pênis de uma entra no poro genital da outra e vice-versa. Após a fecundação, alguns ovos são reunidos em um casulo que é eliminado pelo poro genital. De cada ovo desenvolve-se diretamente um animal que posteriormente deixa o casulo.

#### b) Classificação

Os platelmintos dividem-se em três classes: turbelários, trematódeos e cestóides. Os *turbelários* são todos de vida livre. Um exemplo é a planária.

Os *trematódeos* são todos parasitas. Seu corpo é revestido por uma cutícula e apresentam ventosas para fixação localizadas ao redor da boca e na superfície ventral do corpo. Como exemplos, temos a *Fasciola hepatica*, parasita das vias biliares do carneiro e os animais pertencentes ao gênero



*Schistosoma*. Um deles, o *Schistosoma mansoni* causa a esquistossomose ou barriga-d'água, doença que é adquirida pela penetração ativa de larvas aquáticas desse verme (cercárias) pela pele.

Os *cestóides* são vermes parasitas vivendo principalmente no intestino dos vertebrados. O corpo é revestido por uma cutícula grossa e dividido em segmentos denominados *proglotes*. Na região anterior do corpo, há ganchos e ventosas com função de fixação. Não possuem boca e nem aparelho digestivo. Em cada proglote há aparelhos reprodutivos hermafroditas completos, músculos, células flama e nervos. Como exemplo, temos os vermes pertencentes ao gênero *Taenia* (solitárias). Há duas espécies de solitárias: *Taenia solium* e *Taenia saginata*, ambas parasitas intestinais. Adquire-se a *Taenia solium* pela ingestão de carne de porco contaminada por larvas denominadas *cisticercos*. A *Taenia saginata* é adquirida pela ingestão de carne bovina contaminada por *cisticercos* desse verme.

### 3. Asquelmintos

Os asquelmintos são os vermes de corpo cilíndrico. São animais triploblásticos, de simetria bilateral, pseudocelomados e não segmentados. Seu corpo é revestido por uma cutícula espessa e contínua, apresentam sistema digestivo completo e digestão exclusivamente extracelular. Possuem musculatura longitudinalmente distribuída, seu sistema nervoso é centralizado e os órgãos excretores são simples. Não há estruturas respiratórias e circulatórias. Todos os representantes são de sexos separados, sendo os machos de menor tamanho que as fêmeas.

Entre os asquelmintos estudaremos um, pertencente à classe dos nematóides, o *Ascaris lumbricoides*.

#### a) *Ascaris lumbricoides*

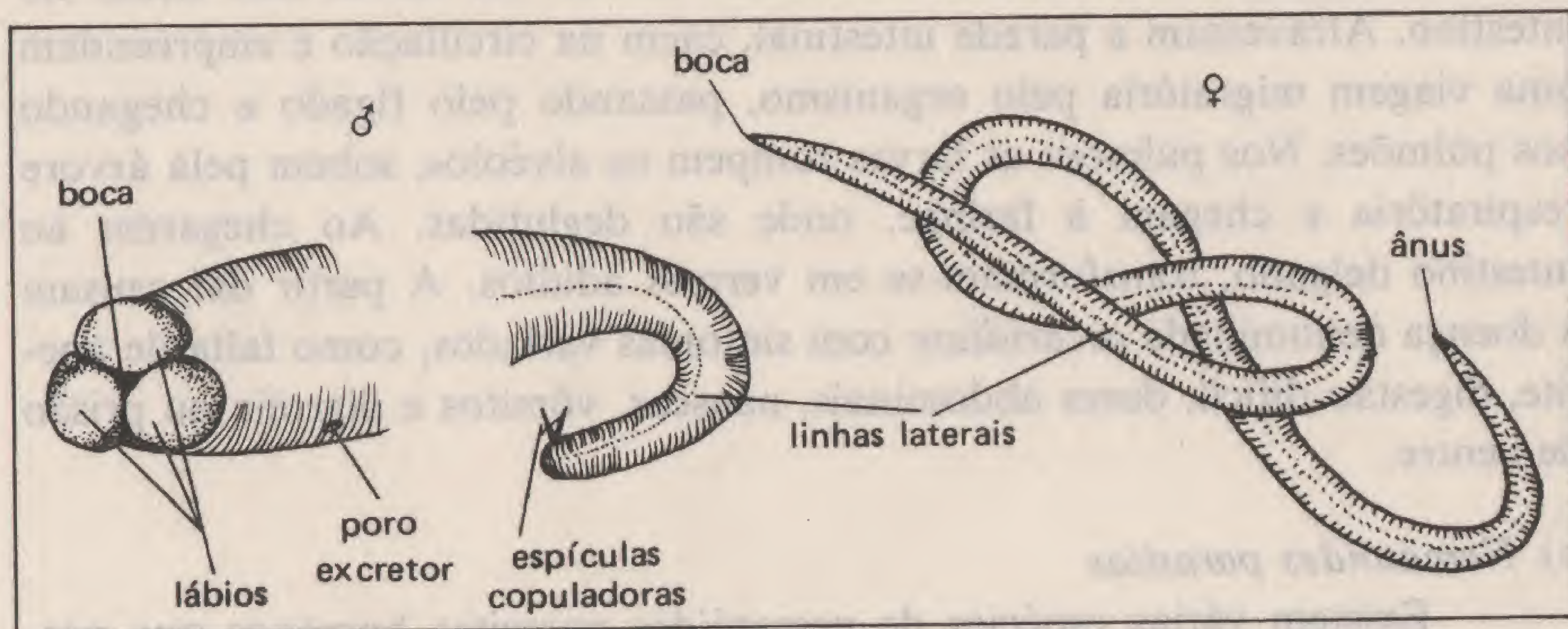
O *Ascaris lumbricoides*, popularmente conhecido como lombriga, é um animal de sexos separados, apresentando nítido dimorfismo sexual. As fêmeas possuem de 20 a 40 cm de comprimento e cerca de 6 mm de diâmetro. Os machos são menores medindo de 15 a 25 cm.

O corpo é cilíndrico. É revestido externamente por uma cutícula lisa. Nela distinguem-se quatro linhas longitudinais: uma dorsal, outra ventral e duas laterais.

Na extremidade anterior do corpo localiza-se a boca circundada por três lábios: um dorsal e dois ventrais. Logo após a boca, em posição ventral, abre-se um poro excretor. O ânus localiza-se a alguns milímetros da extre-



midade posterior. Esta, nas fêmeas, é afilada. Nos machos, a extremidade posterior é recurvada para o lado ventral e apresenta duas espículas copuladoras que saem do poro genital masculino. Este situa-se no interior do ânus.



*Ascaris lumbricoides*

Nas fêmeas o poro genital situa-se antes da metade anterior do corpo, em posição ventral.

O corpo é revestido por uma *cutícula acelular*. Sob ela está a *epiderme* constituída por uma camada de células. Abaixo da epiderme há uma camada de *células musculares* dispostas em sentido longitudinal, cujas contrações permitem que o animal se movimente por repetidas curvaturas do corpo em sentido dorsoventral.

Entre a camada muscular e a parede intestinal está o *pseudoceloma*. Nesta cavidade do corpo há diversos órgãos livres.

O *sistema digestivo* é completo. Trata-se de um tubo que percorre o animal de um extremo a outro, constituído por boca, faringe, intestino, reto e ânus. Como o *Ascaris* é um parasita intestinal, nutre-se de alimentos já digeridos.

O *sistema excretor* é formado por dois canais excretores localizados na parte interna das linhas laterais. Na parte anterior do corpo estes canais se unem, formando um tubo único que se abre no poro excretor.

O *sistema nervoso* é centralizado. Há um *anel nervoso* localizado em torno do esôfago. Do anel partem seis cordões nervosos curtos para a região anterior do corpo e oito cordões nervosos mais longos para a região posterior.

O *Ascaris* não possui sistemas respiratório e circulatório. Na *reprodução* ocorre fecundação interna, formando-se ovos que são eliminados para



o exterior juntamente com as fezes do hospedeiro, que pode ser o homem ou o porco. Os ovos contaminam a água e os alimentos. Estes, sendo ingeridos, permitem que os ovos cheguem ao tubo digestivo. Ao chegarem no intestino, os ovos se abrem libertando larvas. As larvas não ficam no intestino. Atravessam a parede intestinal, caem na circulação e empreendem uma viagem migratória pelo organismo, passando pelo fígado e chegando aos pulmões. Nos pulmões as larvas rompem os alvéolos, sobem pela árvore respiratória e chegam à faringe, onde são deglutidas. Ao chegarem ao intestino delgado, transformam-se em vermes adultos. A partir daí causam a doença denominada *ascaridíase* com sintomas variados, como falta de apetite, digestão difícil, dores abdominais, náuseas, vômitos e diarreia ou prisão de ventre.

#### b) *Nematóides parasitas*

Existem várias espécies de nematóides parasitas humanos que passamos a citar:

*Ancylostoma duodenale* — Parasita intestinal. Causa o amarelão. É adquirido por penetração ativa de larvas terrestres pela pele (andar descalço) e por ingestão de ovos do verme.

*Necator americanus* — Parasita intestinal. Causa o amarelão. Adquirido de forma semelhante ao verme anterior.

*Enterobius vermicularis* (Oxyurus) — Parasita intestinal que causa a oxiurose ou enterobíase. É adquirido por ingestão de água e alimentos contaminados por seus ovos.

*Wuchereria bancrofti* — Parasita dos vasos linfáticos. Causa a elefantíase (filariose) transmitido pelo inseto *Culex fatigans*.

### 4. Anelídeos

Anelídeos são vermes anelados. São animais triploblásticos, celomados e de simetria bilateral. Seu corpo é revestido por uma cutícula fina, o sistema digestivo é completo e a digestão extracelular. Há músculos na parede do corpo e no tubo digestivo. O sistema nervoso é centralizado e a excreção se faz por *nefrídios*. Apresentam sistema circulatório do tipo fechado. A respiração é cutânea, embora algumas espécies possuam brânquias. Há espécies de sexos separados e hermafroditas.

O corpo dos anelídeos é dividido em anéis ou segmentos e observa-se que a segmentação interna corresponde à externa. A segmentação observada em anelídeos é a *metameria*. Cada anel do corpo é um *metâmero* e possui em seu interior nervos, músculos, órgãos reprodutores e excretores.

Como exemplo de anelídeos estudaremos a minhoca.

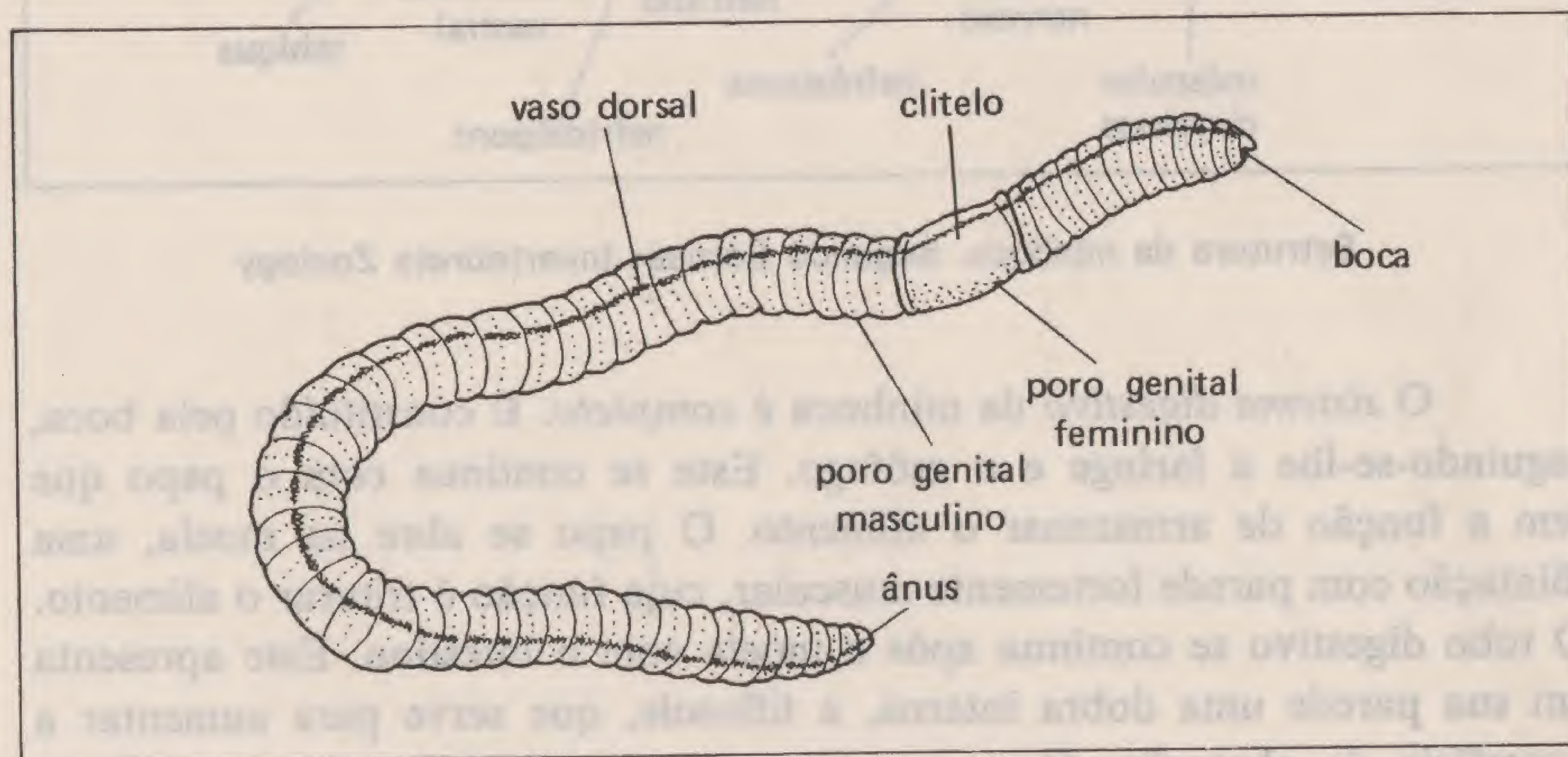


### a) *A minhoca*

A minhoca pertence à classe dos oligoquetos, assim chamados por possuírem poucas cerdas. Estas são bastões quitinosos situados na superfície do corpo, que servem como ponto de apoio ao animal durante a sua locomoção.

No Brasil, a minhoca mais comum é a *Pheretyma hawaiana* (minhoca-louca). Seu corpo é longo e estreito, medindo, na vida adulta, cerca de 10 cm. Na face dorsal nota-se uma linha escura que, visível por transparência, corresponde ao vaso sanguíneo médio dorsal. O corpo é metamerizado e os metâmeros são fundamentalmente semelhantes. A boca é ventral e localiza-se no primeiro metâmero. O ânus também ventral, localiza-se no último. Na parte anterior do corpo (segmentos XIV, XV e XVI) há, nas minhocas sexualmente adultas, um espessamento glandular denominado *clitelo*. Este se encarrega da formação do casulo que envolve os ovos.

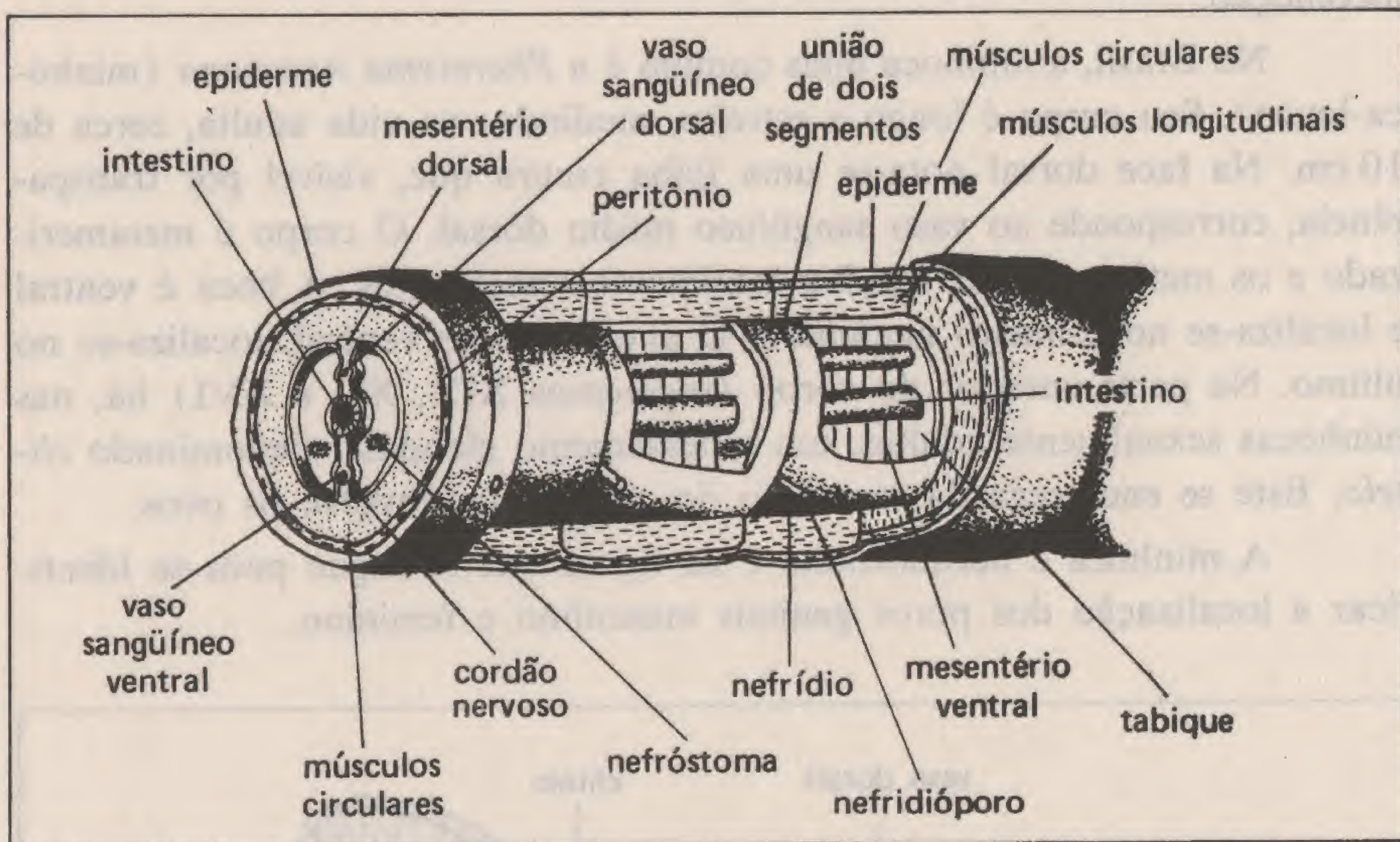
A minhoca é hermafrodita e na figura que se segue pode-se identificar a localização dos poros genitais masculino e feminino.



A minhoca

O corpo é revestido por uma *cutícula* fina e transparente. Sob ela há um *epitélio simples*, constituído por células cilíndricas. Nele se encontram células glandulares secretoras de muco, fotorreceptoras e sensoriais. Sob a epiderme há uma *membrana basal* acelular. Segue-se a musculatura constituída por duas camadas celulares, a externa circular e a interna longitudinal. As camadas musculares estão interrompidas na extremidade de cada metâmero pelo septo que divide o celoma do corpo em espaços.





Estrutura da minhoca. Segundo Bernes: Invertebrate Zoology

O *sistema digestivo* da minhoca é *completo*. É constituído pela boca, seguindo-se-lhe a faringe e o esôfago. Este se continua com o papo que tem a função de armazenar o alimento. O papo se abre na moela, uma dilatação com parede fortemente muscular, cuja função é triturar o alimento. O tubo digestivo se continua após a moela com o intestino. Este apresenta em sua parede uma dobra interna, a tiflosole, que serve para aumentar a superfície de absorção. Com a mesma função há dois cecos intestinais, expansões que terminam em fundo cego. O intestino abre-se no exterior através do ânus. A digestão é extracelular. O alimento consiste em detritos vegetais e microrganismos que são ingeridos junto com terra. Ao alimentar-se, as minhocas cavam a terra construindo galerias que facilitam a aeração do solo, daí terem grande importância agrônômica.

O *sistema circulatório* é do tipo *fechado*, ou seja, o sangue só circula no interior de vasos sanguíneos. Na região dorsal do corpo há o *vaso longitudinal dorsal*, localizado sobre o intestino. Na região ventral há dois



*vasos longitudinais ventrais*, um abaixo do intestino e outro sob o cordão nervoso. Entre o vaso dorsal e os ventrais, há vasos circulares que, dado o seu poder de contração são denominados *corações laterais*. O sangue que circula em sentido pós-anterior no vaso dorsal, passa aos corações laterais e daí aos vasos ventrais. Destes distribui-se por vasos menores, os capilares, à parede do corpo e ao tubo digestivo, para depois voltar ao vaso dorsal. O sangue é constituído por um plasma líquido, contendo amebócitos. A hemoglobina, pigmento respiratório, encontra-se dissolvida no plasma e dá cor vermelha ao sangue.

A minhoca não possui *sistema respiratório*. A respiração é cutânea e a troca de gases, oxigênio e gás carbônico dá-se pela superfície do corpo.

A *excreção* se faz por unidades denominadas *nefrídios*, envolvidos por novelos capilares, o que lhes permite retirar excreções do sangue. Cada nefrídio é um tubo onde uma abertura está no celoma e a outra, em contato com o meio externo. A abertura em contato com o celoma, denominada nefróstoma, é ciliada e retira excreções deste. A outra abertura, denominada nefridióporo, lança excreções (amônia e uréia) no meio externo. Em cada anel do corpo há um par de nefrídios.

O *sistema nervoso* é *centralizado* e do tipo ganglionar. Há dois *gânglios cerebrais* na região anterior do corpo. Estes, por um *anel periesofágico* se comunicam com dois *gânglios subesofágicos*. Destes parte uma *cadeia nervosa ventral* formada por dois cordões nervosos longitudinais muito próximos. Em cada anel do corpo a cadeia apresenta um par de *gânglios nervosos*, daí falar-se em cadeia ganglionar ventral. A *sensibilidade* está a cargo das células sensoriais da epiderme.

Quanto à reprodução, a minhoca é hermafrodita. As gônadas, testículos e ovários, produzem células sexuais, que são levadas por canais aos poros genitais. A reprodução dá-se por fecundação cruzada entre dois indivíduos que se unem pela região do clitelo, trocando espermatozóides. Os ovos produzidos se desenvolvem dentro de um casulo na região do clitelo. Do ovo, desenvolve-se diretamente um novo animal, não havendo fases larvárias.

#### b) Classificação

Os anelídeos apresentam além dos oligoquetos, outras duas classes: poliquetos e hirudíneos. Os *poliquetos* são marinhos e possuem muitas cerdas que, em cada anel do corpo, se concentram em expansões laterais e servem à locomoção. São os *parapódios*. Além disso, os poliquetos possuem cabeça



diferenciada e desenvolvimento indireto, apresentando um estágio larvário denominado *trocófora*.

Os *hirudíneos* são vermes aquáticos e terrestres que não possuem cerdas e cuja representação externa não corresponde à interna. Como exemplo, temos as sanguessugas que possuem ventosas pelas quais se fixam à pele do hospedeiro, alimentando-se de sangue.

## 5. Exercícios

1. (FESP) Os Platielmintes apresentam:
  - a) simetria bilateral, três folhetos germinativos, sistema digestivo incompleto
  - b) simetria radial, três folhetos germinativos, sistema digestivo completo
  - c) simetria penta-radial, dois folhetos germinativos, sem sistema digestivo
  - d) simetria radial na fase larvária, três folhetos germinativos, sistema digestivo completo
  - e) n.d.a.
2. (CESCEM) Dos vermes abaixo, são platielmintes e apresentam sexos separados:
  - a) as planárias
  - b) as solitárias
  - c) as lombrigas
  - d) os esquistossomas
  - e) as minhocas
3. (Med. Santos) Os *Platyhelminthes*:
  - a) apresentam mesoglêia
  - b) são todos parasitas
  - c) apresentam sexos separados
  - d) apresentam sistema nervoso com gânglios anteriores dilatados e cordões nervosos ao longo do corpo
  - e) apresentam gônadas internas com dutos reprodutores permanentes, mas não apresentam órgãos copuladores
4. (PUC) Não está presente nos platelmintos:
  - a) sistema reprodutivo
  - b) sistema circulatório
  - c) um par de olhos
  - d) sistema excretor
  - e) n.d.a.
5. (UF Viçosa) Os platelmintos eliminam seus excretas através de:
  - a) vacúolos contráteis
  - b) células-flamas
  - c) membrana celular
  - d) glândulas verdes
  - e) nefrídios
6. (UFPR) Qual a sentença correta para definir o *Phylum Platyhelminthes*?
  - a) Diploblásticos, bilaterais e acelomados.
  - b) Animais de simetria bilateral, triploblásticos, celomados e protonefridiais.
  - c) Triploblásticos, de simetria bilateral, acelomados, protonefridiais.
  - d) São animais pseudocelomados de simetria bilateral, triploblásticos e hermafroditas.
  - e) Animais pseudocelomados, triploblásticos, radiais, protonefridiais e hermafroditas.



7. (FUNEDUCE) Animais com corpo cilíndrico, não segmentado, sem ossos, frequentemente parasitos pertencem ao filo dos:
- a) anelídios
  - b) platelmintos
  - c) nematelmintos
  - d) moluscos
8. (UFMG) Indicar a opção em que a característica assinalada NÃO SERVE para separar os platelmintos dos nematelmintos.
- a) tubo digestivo completo com boca e ânus
  - b) presença de cílios
  - c) excreção por células-flamas
  - d) existência de sistema circulatório
  - e) presença de pseudoceloma
9. (FESP) Pertence ao ramo dos nematelmintos os:
- a) ascárides
  - b) espongiários
  - c) crinóides
  - d) poliquetas
  - e) n.d.a.
10. (UFSCAR) Ascaridiose, amarelão, elefantíase são causados por:
- a) cestódeos
  - b) tremátodos
  - c) nemertíneos
  - d) tuberculários
  - e) nemátodos
11. (PUC) Os anelídios são animais com o corpo formado por muitos segmentos ou metâmeros, e que apresentam como característica obrigatória:
- a) habitat aquático
  - b) sistema excretor com um par de nefrídios por segmento
  - c) respiração branquial
  - d) hermafroditismo
  - e) um par de cerdas por segmento
12. (FUVEST) Um animal com tubo digestivo completo, sistema circulatório fechado, sangue com hemoglobina e hermafrodita, pode ser:
- a) uma minhoca
  - b) uma planária
  - c) uma barata
  - d) um caramujo
  - e) uma lombriga
13. (Ouro Preto) Os nefrídios são encontrados:
- a) em todos os Invertebrados
  - b) nos Anelídeos
  - c) em todos os vertebrados
  - d) em todos os Invertebrados Diploblásticos
  - e) nos Peixes
14. (PUCC) Não encontramos em anelídeos:
- a) células-flama
  - b) circulação fechada
  - c) clitelo
  - d) sangue vermelho
  - e) n.d.a.



# Artrópodes

---

## 1. Introdução

Existem cerca de 800 000 espécies de artrópodes, distribuídas em várias classes, das quais uma em particular, a dos *insetos*, representa a terça parte de todas as espécies animais conhecidas. Outros artrópodes são os *crustáceos* (camarão, siri, caranguejo), *aracnídeos* (aranhas, escorpiões, carrapatos), *quilópodes* (centopéias) e *diplópodes* (mil-pés), estas duas últimas classes reunidas sob a designação *miriápodes*.

Os artrópodes podem ser caracterizados como animais que possuem “um corpo segmentado e revestido por um esqueleto externo duro, apresentando cada segmento um par de apêndices externos”.

Os artrópodes são animais triploblásticos, celomados, de simetria bilateral. Possuem corpo segmentado, patas articuladas e exosqueleto quitinoso. Seus sistema digestivo é completo, o sistema nervoso centralizado e a circulação é aberta. Possuem ainda estruturas excretoras e respiratórias. São de sexos separados.

## 2. Crustáceos

São crustáceos os camarões, siris, caranguejos, lagostas, lagostins e tatuzinho de jardim. Estes animais podem ser diagnosticados como artrópodes que possuem dois pares de antenas. Para estudá-los tomaremos como exemplo o camarão-rosa.

### a) O camarão-rosa

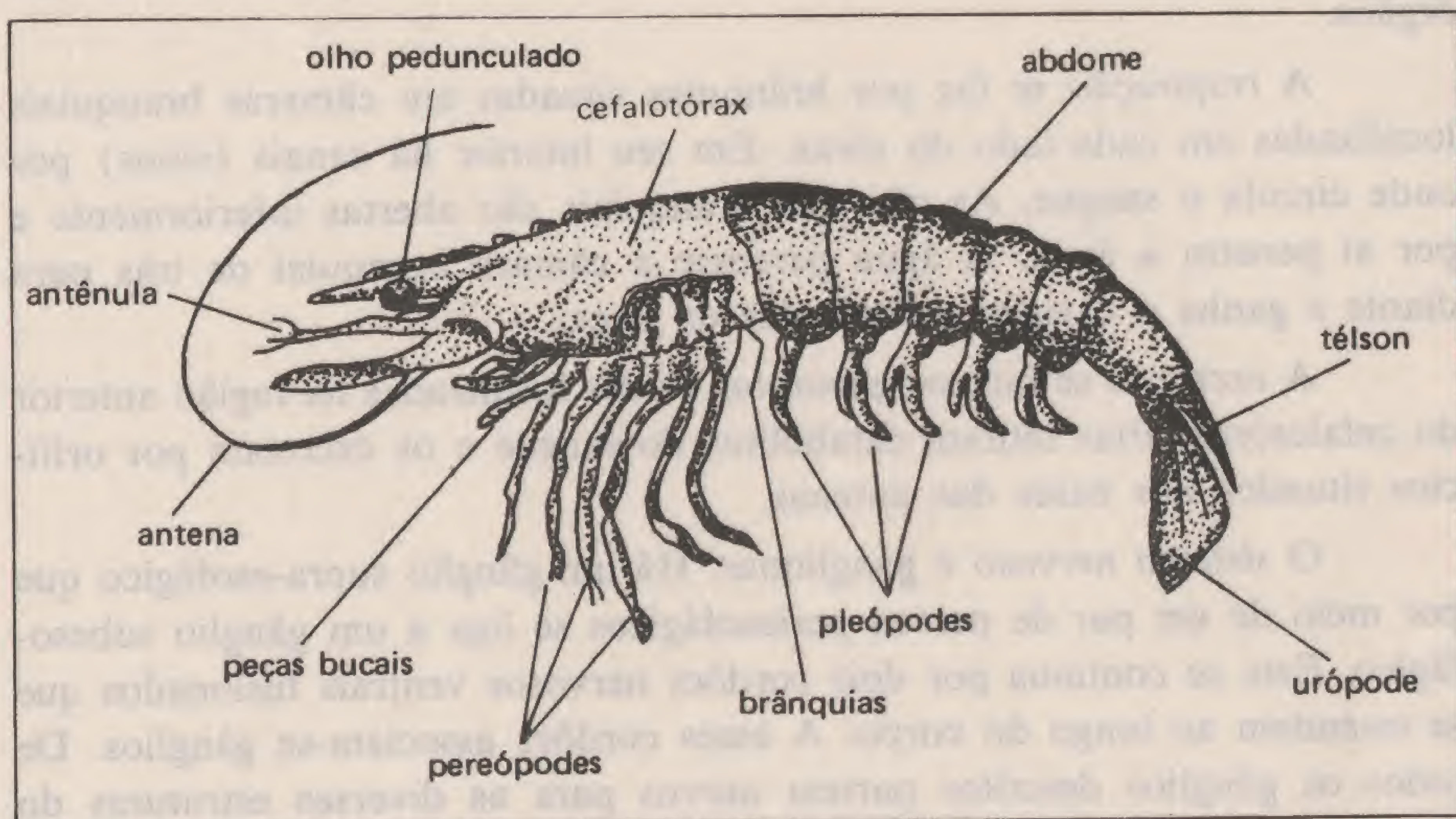
O camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis*) mede cerca de 14 cm e apresenta o corpo segmentado dividido em cefalotórax e abdome. O corpo é revestido por um exosqueleto quitinoso com impregnação calcária. O cefalotórax é revestido por uma carapaça quitinosa que encobre os seus segmentos. Na parte anterior da carapaça há uma projeção serrilhada, o rostro. Abaixo deste há dois olhos compostos e pedunculados. Sob as dobras laterais da carapaça estão as brânquias utilizadas para respiração.

A boca situa-se anteriormente e é ladeada por apêndices com funções



de ingestão e mastigação de alimentos. O abdome é totalmente segmentado e apresenta no último segmento uma expansão denominada télson.

Há no corpo vinte segmentos, sendo seis cefálicos, oito torácicos e seis abdominais. Em cada segmento, exceção feita ao primeiro, há 1 par de apêndices birremes (bifurcados). Distinguem-se apêndices cefálicos, torácicos e abdominais. Os cefálicos são dois pares de antenas (função sensorial), um par de mandíbulas (abrem a boca) e dois pares de maxilas (responsáveis pela mastigação). Os torácicos são três pares de maxilípides (manipulam o alimento) e cinco pares de patas denominadas pereópodes (locomoção sobre o fundo).



Camarão-rosa

Os abdominais são seis pares de nadadeiras denominadas pleópodes (responsáveis pela natação). O último par de nadadeiras recebe o nome de urópodes e, juntamente com o télson, formam o leque caudal, importante à natação.

O *sistema digestivo* do camarão-rosa é *completo*. À boca, localizada entre as mandíbulas, segue-se um esôfago curto que se abre no estômago. Este apresenta duas câmaras: a cardíaca, anterior, onde há um molinete dotado de três dentes calcificados, cuja função é digerir mecanicamente os alimentos; e a pilórica, posterior, que se continua por um curto intestino médio no qual desembocam duas glândulas digestivas (hepatopâncreas). Na câmara pilórica e no intestino médio ocorre a digestão química. Os restos



da digestão seguem para um intestino posterior, longo e tubular, até o ânus, por onde ganham o meio externo.

O *sistema circulatório* é do tipo *lacunar* ou *aberto*. Apresenta um coração de forma irregular, localizado dorsalmente no tórax no interior de um sinus pericárdico. Dele partem algumas artérias principais que se dirigem às várias partes do corpo. Além do coração e artérias há cavidades, as lacunas, que substituem as veias e se localizam no interior e ao redor dos órgãos. A circulação se faz da seguinte maneira: o sangue ao sair dos órgãos vai por meio de lacunas até as brânquias. Daí, oxigenado, chega a um par de lacunas, cada uma situada em um lado do tórax. Destas vai ao sinus pericárdico e ao coração, de onde é distribuído pelas artérias aos órgãos.

A *respiração* se faz por brânquias situadas em câmaras branquiais localizadas em cada lado do tórax. Em seu interior há canais (sinus) por onde circula o sangue. As câmaras branquiais são abertas inferiormente e por aí penetra a água. A água percorre a câmara branquial de trás para diante e ganha o exterior pelos lados da boca.

A *excreção* se faz por *glândulas verdes* localizadas na região anterior do cefalotórax. Elas retiram catabólitos do sangue e os excretam por orifícios situados nas bases das antenas.

O *sistema nervoso* é ganglionar. Há um gânglio supra-esofágico que por meio de um par de nervos periesofágicos se liga a um gânglio subesofágico. Este se continua por dois cordões nervosos ventrais fusionados que se estendem ao longo do corpo. A esses cordões associam-se gânglios. De todos os gânglios descritos partem nervos para as diversas estruturas do corpo.

Quanto à *sensibilidade* o camarão-rosa possui dois olhos compostos e pedunculados. Cada olho é formado pela união de unidades visuais, os omatídeos. Há também cerdas táteis e cerdas responsáveis pelo paladar e olfato. E ainda órgãos de equilíbrio, os estatocistos, localizados na base das antênulas.

Quanto à *reprodução*, o camarão-rosa é de sexos separados. A fêmea é maior que o macho e tem o abdome mais largo. O macho tem dois testículos dos quais partem dois canais deferentes que se abrem na base do 14.º segmento. A fêmea tem dois ovários que se abrem por meio de dois canais, os ouvidutos, na base do 12.º segmento.

A fêmea após ser fecundada, expele ovos que de início ficam aderidos aos apêndices abdominais. O desenvolvimento é indireto, havendo



fases larvárias que em ordem de aparecimento são: nauplius, metanauplius, protozoé, zoé e mísis.

### 3. Insetos

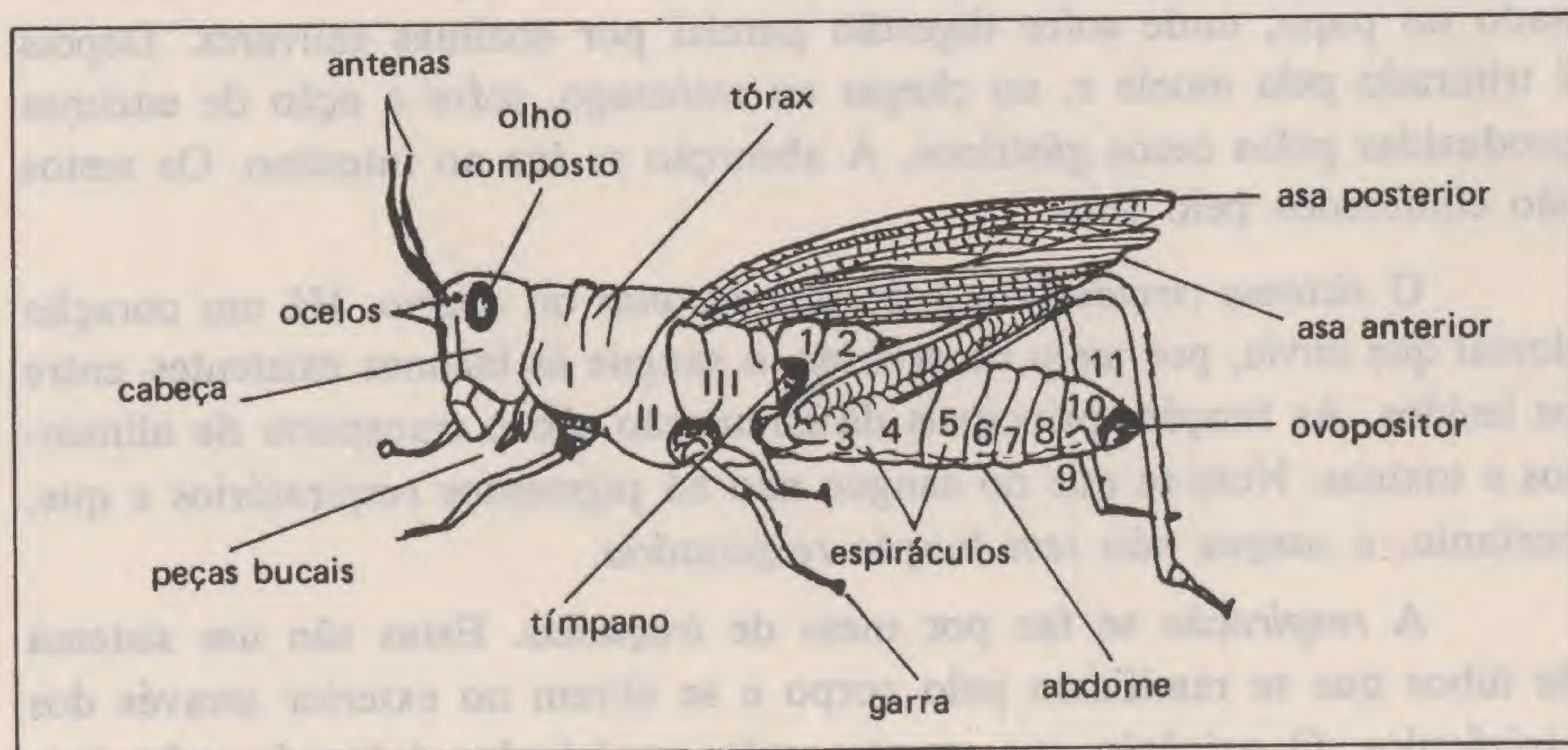
Os insetos são o grupo mais numeroso de animais. São em cerca de 700 000 espécies distribuídas em várias ordens, das quais destacamos: ortópteros (barata), hemípteros (barbeiros), coleópteros (besouros), dípteros (moscas) e lepidópteros (borboletas).

Os insetos diferem dos demais artrópodes por possuírem o corpo dividido em cabeça, tórax e abdome distintos, um par de antenas e três pares de patas torácicas. Como exemplo de insetos estudaremos o gafanhoto, um ortóptero.

#### a) O gafanhoto

O gafanhoto (*Schistocerca americana*) tem o corpo dividido em cabeça, tórax e abdome. A cabeça é anterior e formada pela fusão de seis segmentos. Nela se encontram um par de antenas, um par de olhos compostos e três ocelos ou olhos simples. Envolvendo a boca há peças bucais que formam um aparelho bucal do tipo mastigador. Em outros insetos as mesmas peças peribucais formam outros tipos de aparelhos bucais: lambedor em abelhas, sugador em borboletas e picador em barbeiros e mosquitos.

O tórax apresenta três segmentos, encontrando-se em cada um deles um par de patas articuladas. O último par de patas é desenvolvido para os



O gafanhoto (morfologia externa)



saltos característicos do animal. Presos ao segundo e ao terceiro segmentos torácicos há dois pares de asas. O primeiro par, localizado no segundo segmento, consiste em asas do tipo tégmina. O segundo par localiza-se no terceiro segmento e fica abaixo das asas anteriores. Em outros insetos há diferentes tipos de asas. Assim, em borboletas e mosquitos encontram-se asas *membranosas*, delgadas e transparentes. Em besouros os *élitros*, asas duras que servem à proteção. Em barbeiros há os *hemiélitros*, cuja metade anterior é resistente como os élitros mas a parte posterior é mole e transparente. As tégminas do gafanhoto são um tipo intermediário entre as membranosas e os élitros.

O abdome do gafanhoto é formado por onze segmentos. Inferior e lateralmente nas regiões torácicas e abdominal há dez pares de orifícios denominados espiráculos. Estes são aberturas do aparelho respiratório, por onde há entrada e saída de ar.

O corpo é revestido por um exosqueleto quitinoso que, em cada metâmero, é constituído por quatro placas: uma dorsal, o tergo, outra ventral, o esterno, e duas pleuras laterais.

O *sistema digestivo é completo*. A boca é anterior e ladeada por peças bucais. A ela se segue o esôfago que termina num papo de paredes finas. Sob o papo há duas pequenas glândulas salivares que se abrem na boca. Ao papo se segue uma moela ou proventrículo que se abre no estômago. Neste desembocam seis cecos gástricos. Após o estômago há um intestino posterior que, continuando-se por um reto, abre-se no ânus. O alimento mastigado pelas peças bucais e umedecido pela saliva é armazenado no papo, onde sofre digestão parcial por enzimas salivares. Depois é triturado pela moela e, ao chegar ao estômago, sofre a ação de enzimas produzidas pelos cecos gástricos. A absorção se faz no intestino. Os restos são eliminados pelo ânus.

O *sistema circulatório é do tipo lacunar ou aberto*. Há um coração dorsal que envia, por meio de artérias, o sangue às lacunas existentes entre os tecidos. As funções principais da circulação são o transporte de alimentos e toxinas. Note-se que no sangue não há pigmentos respiratórios e que, portanto, *o sangue não tem função respiratória*.

A *respiração se faz por meio de traquéias*. Estas são um sistema de tubos que se ramificam pelo corpo e se abrem no exterior através dos espiráculos. O oxigênio que penetra pelos espiráculos é levado pelas traquéias a todas as partes do corpo onde é trocado pelo gás carbônico.



A excreção se faz por *tubos de Malpighi*. Estes retiram catabólitos das lacunas ou hemocelos circulatórios e os lança no interior do intestino. Por esta via as excreções são eliminadas com as fezes. A urina apresenta principalmente ácido úrico e uratos.

O sistema nervoso é ganglionar. Há na cabeça um gânglio cerebroides do qual partem dois nervos que o ligam a um gânglio subesofágico. A partir deste, em sentido posterior, observa-se uma cadeia ganglionar ventral. Os gânglios emitem nervos para as diversas partes do organismo.

No que diz respeito a estruturas *sensoriais* o gafanhoto apresenta para a visão um par de olhos compostos e três ocelos. Nas antenas há órgãos olfatórios e, nas peças bucais, órgãos gustativos. Há cerdas táteis e no primeiro segmento abdominal encontram-se membranas timpânicas para a sensibilidade aditiva.

O gafanhoto apresenta sexos separados. O macho possui dois testículos que se continuam por dois vasos deferentes. Estes se alargam formando vesículas seminais que se unem formando um ducto ejaculador. Este termina num órgão copulador, o pênis. A fêmea possui dois ovários que, através de dois ovidutos, se abrem numa vagina única. À vagina estão ligados um receptáculo seminal e um par de glândulas acessórias.

A fecundação é interna. Os ovos se desenvolvem indiretamente no meio externo havendo larvas denominadas ninfas.

#### 4. Aracnídeos

Os aracnídeos diferem dos demais artrópodes por não possuírem antenas e por apresentarem quatro pares de patas locomotoras.

O corpo das aranhas e dos escorpiões é dividido em cefalotórax e abdome. É segmentado e revestido por um exosqueleto quitinoso.

O cefalotórax apresenta seis pares de apêndices. O primeiro é um par de quelíceras que podem ser providas de garras ou unhas. O segundo, um par de pedipalpos. Os outros, são quatro pares de patas. O abdome não apresenta apêndices.

O sistema digestivo é completo e assemelha-se ao dos insetos. A respiração se faz por um par de estruturas localizadas na região ventral do abdome: são os "pulmões". Podem também respirar por traquéias e brânquias. A circulação é aberta havendo no sangue um pigmento respiratório, a hemocianina.

A excreção se faz por glândulas coxais e tubos de Malpighi. O



sistema nervoso é ganglionar e ventral. Há estruturas sensoriais representadas por olhos simples e cerdas, táteis e quimiorreceptoras.

Os aracnídeos são de sexos separados. A fecundação é interna. O desenvolvimento pode ser direto ou com fases larvárias.

## 5. Exercícios

1. (Med. Santa Casa) Um zoólogo escolheu, dentre as características relacionadas a seguir, as que são comuns a Anelídeos e Artrópodes:

- I. corpo segmentado
- II. presença de cutícula secretada pela epiderme
- III. formação de mesoderme a partir de células embrionárias especiais
- IV. presença de celoma grande
- V. presença de três estágios larvais

Identifique a alternativa certa:

- a) todas, menos a I
- b) I, II e III apenas
- c) apenas a III e IV
- d) apenas a III, a IV e a V
- e) apenas a V

2. (Osvaldo Cruz) Em um Artrópodo, com cefalotórax e abdômen, de respiração branquial, cujo tipo básico de extremidade é a birreme, esperamos encontrar também:

- a) um par de antenas
- b) dois pares de antenas
- c) excreção por tubos de Malpighi
- d) sistema circulatório fechado

3. (MACK) Entre os crustáceos encontramos animais:

- a) exclusivamente marinhos
- b) exclusivamente de água doce
- c) exclusivamente marinhos e de água doce
- d) marinhos, de água doce e terrestres
- e) n.d.a.

4. (PUC) A hemocianina é encontrada no sangue de:

- a) Camarão
- b) Barata
- c) Peixes
- d) Minhoca
- e) n.d.a.

5. (PUC) O aparelho excretor do camarão é representado:

- a) pela célula-flama
- b) pelo nefrídio
- c) pelo túbulo de Malpighi
- d) pela glândula verde
- e) pelo bacinete

6. (Med. Taubaté) Não é característica dos Crustáceos:

- a) Simetria bilateral
- b) Triploblásticos
- c) Segmentação metamérica
- d) Respiração por brânquias
- e) Pseudocelomados

7. (Med. Santo Amaro) Respiração principalmente traqueal, cefalotórax, quelíceras, 5 pares de apêndices torácicos (4 geralmente para a locomoção), ânus e orifício genital separados,



caracterizam entre os Artrópodes a classe:

- a) *Insecta*
- b) *Crustacea*
- c) *Arachnida*
- d) *Asteroidea*
- e) *Diplopoda*

8. (Med. Taubaté) Corpo em geral formado de cefalotórax e abdome, sem antenas, com quelíceras e pedipalpos, e sem mandíbulas. Trata-se de:

- a) Insetos
- b) Crustáceos
- c) Aracnídeos
- d) Quilópodes
- e) Diplópodes

9. (PUC) Em relação aos insetos assinale a afirmação *errada*:

- a) São animais triblásticos celomados.
- b) O pigmento respiratório dos insetos é a hemocianina.
- c) Possuem três pares de patas.
- d) O sistema circulatório é aberto.
- e) O sistema excretor é representado por túbulos de Malpighi.

10. (CESCEM) Qual das afirmações abaixo é válida para os insetos?

- a) As células do animal estão em contato direto com o ar.
- b) A hemoglobina transporta oxigênio e gás carbônico.
- c) A obliteração de uma das aberturas do aparelho respiratório causará a morte do animal.
- d) O animal vive apenas em ambiente de baixa concentração de oxigênio.
- e) O animal forma monóxido de carbono na respiração.

11. (FUVEST) Os artrópodos apresentam, entre outras características, pernas articuladas. Dentre eles os que têm o corpo dividido em cabeça, tórax e abdome, e três pares de pernas são os:

- a) Crustáceos
- b) Miriápodes
- c) Aracnídeos
- d) Insetos
- e) Escorpiões

12. (FUVEST) Cite quatro características dos insetos.

13. (PUC) Assinale a alternativa que reúna as características necessárias para se classificar um animal como inseto:

<i>divisões do corpo</i>	<i>antenas</i>	<i>respiração</i>	<i>desenvolvimento</i>	<i>"habitat" principal</i>
a) cabeça, tórax e abdome	1 par	traqueal	geralmente com estágios larvais	principalmente terrestres
b) cefalotórax e abdome	1 par	branquial	geralmente com estágios larvais	água salgada ou doce, muitos terrestres
c) cabeça, tórax e abdome	2 pares	traqueal	direto	principalmente terrestres
d) cabeça e corpo longo	1 par	traqueal ou por pulmões foliáceos	geralmente com estágios larvais	todos terrestres
e) cefalotórax e abdome	ausente	traqueal e branquial	direto	principalmente terrestre



# Moluscos e Equinodermas

---

## 1. Moluscos

Moluscos são animais que possuem um corpo mole, geralmente situado no interior de uma concha calcária dura. Há no grupo cerca de 80 000 espécies viventes distribuídas em cinco classes: gastrópodes (caracóis e lesmas), pelecípodes (ostras, mariscos e mexilhões), cefalópodes (lulas e polvos), anfineuros (caramujo-cascudo) e escafópodes (dente-de-elefante).

Embora não exista um tipo padrão, todos estes animais apresentam um mesmo plano estrutural e funcional.

O corpo apresenta-se dividido em três partes: cabeça, pé e massa visceral. A cabeça é nítida em anfineuros, gastrópodes e cefalópodes. O pé é uma massa muscular ventral com função de fixar, locomover e cavar. A massa visceral contém os órgãos internos e é geralmente protegida pela concha. Esta acha-se internamente protegida por um tecido, o manto. Entre o manto e a massa visceral há uma cavidade denominada paleal. É o manto quem fabrica a concha.

Os moluscos são animais de simetria bilateral, triploblásticos e não-segmentados. Para compreender sua estrutura estudaremos o marisco de água doce, pertencente ao gênero *Anodonta*.

### a) O marisco de água doce

O corpo do marisco de água doce é revestido por uma concha rígida, constituída por cristais de carbonato de cálcio encerrados numa rede de proteínas.

A concha apresenta duas partes, ou valvas, unidas por uma região denominada charneira. Em cada valva o bordo mais grosso é dorsal e o mais fino ventral. Na região anterodorsal há uma porção afilada, denominada umbo, que é a mais velha da concha. Ao redor do umbo há linhas de crescimento dispostas concentricamente, indicativas dos tamanhos já apresentados pelo animal.

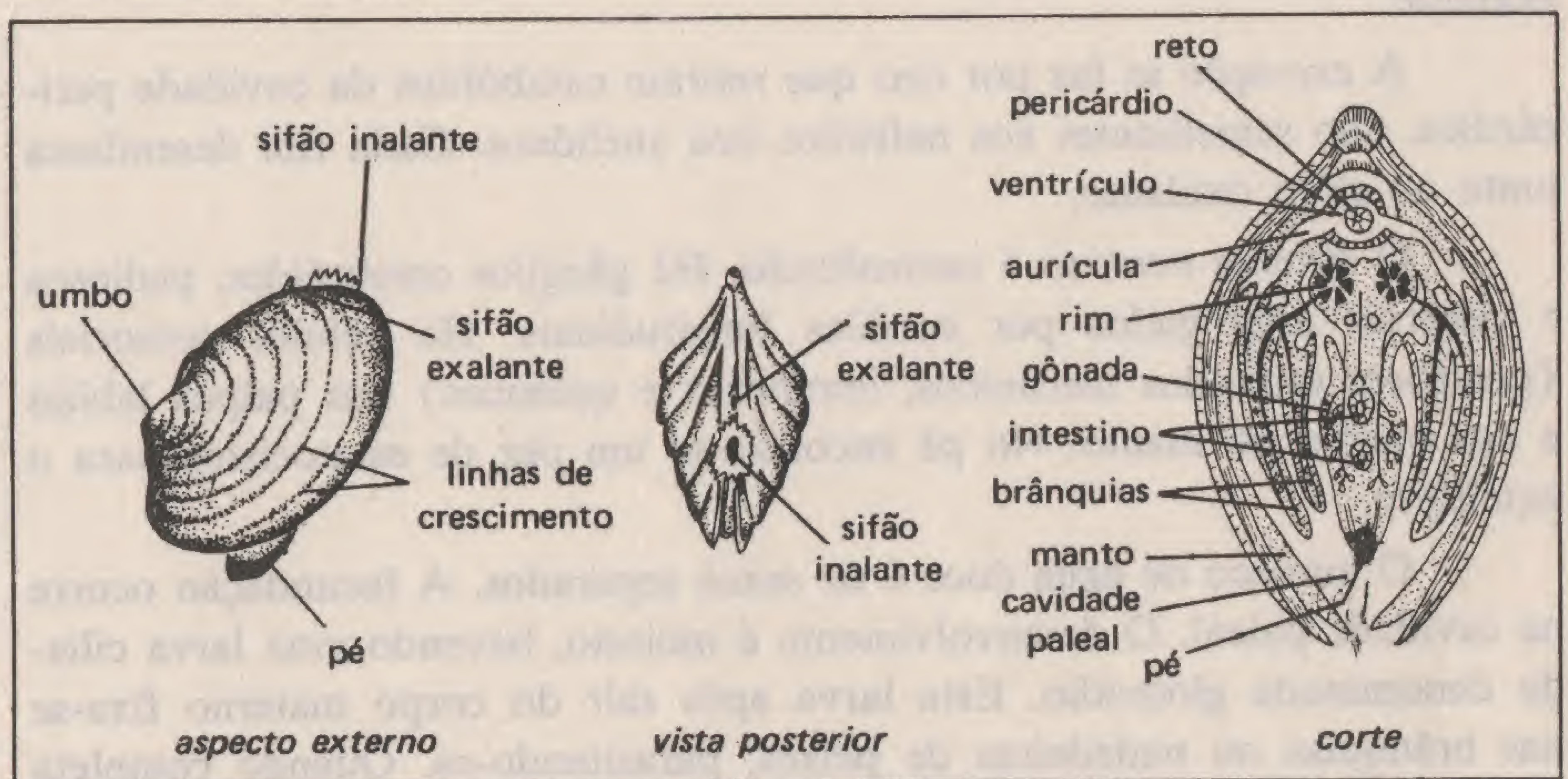
No interior da concha está o corpo. É constituído pela massa visceral, fixa dorsalmente e pelo pé. Este é musculoso e se estende da parte



média ventral da massa visceral. O corpo é revestido pelo manto formando pregas laterais, que revestem internamente a valva. Entre o manto e a massa visceral está a cavidade paleal onde se alojam as brânquias.

Os bordos livres do manto são de natureza muscular e podem aproximar-se fechando a cavidade paleal. Na região posterior, os bordos do manto formam dois sifões, um dorsal e outro ventral (branquial) por onde a água entra e sai.

As valvas se abrem graças à ação de um ligamento elástico colocado acima da charneira. O fechamento delas se faz ativamente por contrações de músculos adutores. Há também músculos encarregados de retrair o pé, o bisso (conjunto de filamentos que saem por entre as valvas e fixam o animal ao substrato).



Gênero *Anodonta*

O sistema digestivo é completo. É constituído por boca (rodeada por palpos labiais), esôfago, estômago (envolvido por uma glândula digestiva), intestino e ânus.

A água entra pelo sifão branquial (inalante) trazendo alimentos que são levados à boca. Os palpos labiais selecionam os alimentos eliminando partículas que não sejam de natureza alimentar. Chegando ao estômago, o alimento é misturado pela ação de um estilete cristalino. Este é produzido por um ceco intestinal e tem por funções fragmentar o alimento e digerir carboidratos graças a uma enzima que possui.

O alimento fragmentado chega, por meio de canais ciliados, à glândula digestiva. Aí as partículas alimentares são fagocitadas, sendo a diges-



tão completada em meio intracelular. Os restos voltam ao estômago e daí, via intestino, ganham a cavidade paleal pelo ânus. Desta cavidade as fezes vão para o exterior juntamente com a água pelo sifão exalante. Em alguns moluscos existe rádula, órgão para triturar alimento.

O *sistema circulatório* é aberto. Há um coração dorsal com uma aurícula e um ventrículo no interior de uma cavidade pericárdica. O sangue recebe oxigênio nas brânquias e daí passa ao coração que o impele ao corpo.

A *respiração* se faz por um par de *brânquias*. Cada brânquia é constituída por duas lâminas finas que possuem poros e se unem ventralmente. As paredes das lâminas são ricamente vascularizadas. O oxigênio é trazido pela água e é trocado pelo gás carbônico nos vasos capilares branquiais. O gás carbônico sai para o meio externo com a água pelo sifão exalante.

A *excreção* se faz por *rins* que retiram catabólitos da cavidade pericárdica. São semelhantes aos nefrídios dos anelídeos. Cada rim desemboca junto ao sifão exalante.

O *sistema nervoso* é centralizado. Há gânglios cerebróides, pediosos e viscerais interligados por cordões longitudinais. Há células sensoriais (percebem estímulos mecânicos, luminosos e químicos) nos palpos labiais e nos bordos do manto. No pé encontra-se um par de estatocistos para o equilíbrio.

O marisco de água doce é de sexos separados. A fecundação ocorre na cavidade paleal. O desenvolvimento é indireto, havendo uma larva ciliada denominada gloquídio. Esta larva após sair do corpo materno fixa-se nas brânquias ou nadadeiras de peixes, parasitando-os. Quando completa o seu desenvolvimento, a larva desprende-se e vai ao fundo transformando-se no animal adulto.

## 2. Equinodermas

Os equinodermas são animais exclusivamente marinhos. São cerca de 5 500 espécies distribuídas em cinco classes: asteróides (estrela-do-mar), equinóides (ouriço-do-mar e bolachas-da-praia), holoturióides (pepinos-do-mar), ofiuróides (serpentes-do-mar) e crinóides (lírios-do-mar).

O grupo apresenta certas características básicas sendo algumas delas peculiares.

Assim é que apresentam, quando adultos, uma *simetria radial de base pentarradiada*. O seu corpo é construído na base de cinco raios, o que pode, por exemplo, ser observado com facilidade numa estrela-do-mar.



As características exclusivas do grupo são a presença de um sistema hidrovascular de um endosqueleto calcário e de pedicelárias. O *sistema hidrovascular*, denominado *sistema ambulacrário*, é constituído por vasos em cujo interior circula a água. As *pedicelárias* são formações existentes na superfície do corpo, dotadas de mandíbulas e acionadas por músculos. O *esqueleto* é interno, sendo recoberto pela epiderme. É de origem mesodérmica e constituído por placas calcárias que emitem prolongamentos, os espinhos, em algumas espécies.

Os equinodermos, à semelhança dos cordados (animais superiores) são *deuterostômios*. Isso significa que o blastóporo (boca primitiva do embrião) nestes animais dá origem ao ânus, sendo que a boca forma-se a partir de uma invaginação da ectoderme. Quando o blastóporo dá origem à boca os animais são ditos *protostômios*; entre eles estão os nematelmintos, os anelídeos, os moluscos e os artrópodes.

Os equinodermos são portanto animais triploblásticos, celomados, deuterostômios e de simetria radial de base pentarradiada, quando adultos. Possuem endosqueleto calcário, espinhos e pedicelárias. São ainda exclusivamente marinhos e não possuem cabeça ou segmentação. As demais características abordaremos no estudo da estrela-do-mar.

#### a) *A estrela-do-mar*

O corpo da estrela-do-mar apresenta-se formado por um disco central, do qual partem, radialmente, cinco braços triangulares. Distinguem-se no corpo duas superfícies: a superior ou aboral e a inferior ou oral. Na superfície aboral, próximo à região central, está o ânus. Em toda a superfície aboral há espinhos, brânquias dérmicas e pedicelárias. Estas servem à limpeza da superfície do corpo e apreensão de pequenos animais.

No centro da superfície oral está a boca. Dela partem cinco sulcos largos, denominados sulcos ambulacrários. Cada sulco se prolonga em toda a extensão de cada braço. Os sulcos são ladeados por espinhos móveis. Em cada sulco distinguem-se duas a quatro fileiras de pés ambulacrários.

A estrela-do-mar tem o corpo revestido externamente por uma epiderme ciliada sob a qual está o endosqueleto calcário.

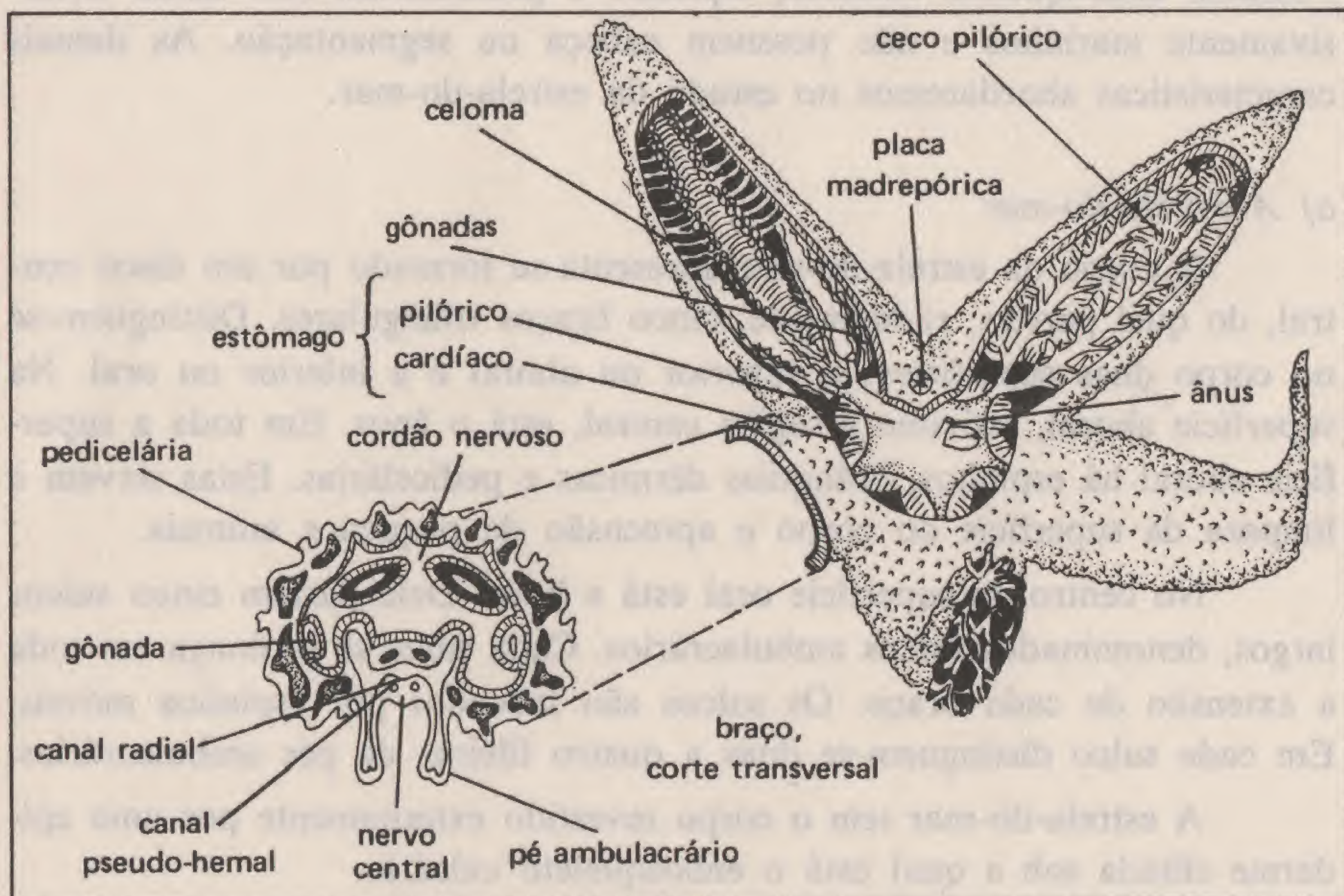
O *sistema digestivo* é completo. É constituído por boca, esôfago, estômago, intestino e ânus. O estômago apresenta duas partes, a cardíaca, inferior, e a pilórica, superior. A parte cardíaca está ligada a músculos retratores. Da parte pilórica partem para os braços cinco divertículos. Cada



um deles, em cada braço, se divide em dois cecos pilóricos. A digestão é extracelular. Os alimentos da estrela-do-mar consistem em moluscos, crustáceos, vermes, plâncton e certos peixes. No ouriço-do-mar há a lanterna-de-aristóteles ao redor da boca.

A locomoção da estrela-do-mar se faz pelo sistema ambulacrário. É um sistema hidrovascular constituído pelas seguintes partes: placa madreporica, canal pétreo, canal circular, canais radiais e pés ambulacrários. A água penetra pela placa madreporica e, por meio do canal pétreo, chega ao canal circular situado ao redor da boca. Do canal circular parte para cada braço um canal radial. Este é dotado de vários canalículos transversais aos quais se prendem os pés ambulacrários. A água, chegando a estes, permite que se fixem e se desprendam alternadamente. Com isso, o animal se movimenta.

A respiração, a excreção e a circulação dependem da existência de um grande celoma que é revestido por epitélio ciliado e contém os órgãos internos. A cavidade celomática é cheia de um líquido que contém amebócitos livres e que contribui para a respiração, circulação e excreção.



Estrela-do-mar (estrutura interna)

O celoma possui ramos que chegam às brânquias dérmicas onde há a respiração. Os amebócitos recolhem os catabólitos e os levam até as



brânquias dérmicas, por onde são eliminados. O sistema circulatório é reduzido e de pouca importância.

O sistema nervoso é constituído por um anel nervoso que envolve a boca. Dele partem cinco ramos, um para cada braço.

A estrela-do-mar é de sexos separados. Em cada braço há um par de gônadas que por pequenos canais se abrem num poro situado na parte superior do disco central. Pelos póros saem os gametas que se encontram na água. A fecundação é externa. O desenvolvimento é indireto, havendo larvas de simetria bilateral, a bipinária e a braquiolária. É grande o poder de regeneração da estrela-do-mar: um braço cortado tem a capacidade de formar um indivíduo completo.

### 3. Exercícios

1. (Med. Santos) Sobre os animais do filo Mollusca podemos afirmar que:
  - a) são celomados
  - b) são celomados e cordados
  - c) são todos de respiração branquial
  - d) são todos hermafroditas
  - e) todos possuem concha calcária
2. (Med. Santo Amaro) É encontrada(o) apenas entre os moluscos a estrutura:
  - a) esqueleto calcário
  - b) tentáculos
  - c) pé ambulacrário
  - d) rádula
  - e) sifão exalante
3. (UCMG) Fabrica a concha dos moluscos:
  - a) pé
  - b) rádula
  - c) umbo
  - d) bisso
  - e) manto
4. (CCV/CE) A existência de células urticantes, rádula, parápodos, quatro antenas e tubo digestivo ramificado é observada nos seguintes grupos zoológicos, respectivamente:
  - a) Moluscos, Plelmintos, Anelídeos, Cnidiários e Crustáceos
  - b) Cnidiários, Anelídeos, Moluscos, Crustáceos e Plelmintos
  - c) Cnidiários, Moluscos, Anelídeos, Crustáceos e Plelmintos
  - d) Plelmintos, Moluscos, Crustáceos, Anelídeos e Cnidiários
5. Qual das alternativas abaixo cita apenas animais que têm esqueleto externo?
  - a) mosquito, minhoca, caracol
  - b) caracol, mosquito, esponja
  - c) esponja, minhoca, mosquito
  - d) mosquito, caracol, siri
  - e) siri, esponja, mosquito
6. (Mogi) Assinale a alternativa que aponta o *erro cometido* na caracterização do filo Equinodermos:

“São animais exclusivamente marinhos, de organização penta-radiada, com larvas de sime-



tria bilateral, esqueleto calcário externo, triploblásticos e deuterostômios.”

- a) animais exclusivamente marinhos
- b) larvas de simetria bilateral
- c) esqueleto calcário externo
- d) triploblásticos
- e) deuterostômios

7. (Fac. J. Celso Lisboa) São animais exclusivamente marinhos:

- a) Crustáceos
- b) Moluscos
- c) Equinodermas
- d) Esponjas
- e) Celenterados

8. (Med. Santos) Simetria radial de base 5, sistema ambulacrário de locomoção e ossículos na pele caracterizam o filo:

- a) *Chaetognatha*
- b) *Echinodermata*
- c) *Sipunculoidea*
- d) *Ectoprocta*
- e) *Brachiopoda*

9. (PUC) O sistema vascular aquoso dos equinodermos é utilizado para:

- a) digestão
- b) locomoção
- c) respiração
- d) reprodução
- e) n.d.a.

10. (UFSCAR) Assinale a única afirmativa *correta*:

- a) Os únicos animais com sistema ambulacrário são os moluscos.
- b) Nos equinodermos ocorre endoesqueleto calcário e nos artrópodos exoesqueleto quitinoso.
- c) Entre os invertebrados, há muito mais moluscos do que artrópodos.
- d) Bivalvos, cefalópodos e gasterópodos são classes de equinodermos.
- e) Tanto os artrópodos, como os equinodermos e moluscos, apresentam patas articuladas.

11. (FESP) Os equinodermos:

- a) apresentam o corpo com cinco áreas radiais e assimétricas
- b) apresentam ecto, endo e mesoderma com segmentação e cabeça definidas
- c) não apresentam dimorfismo sexual externo
- d) são animais acelomados
- e) n.d.a.

12. (CESCEA) Considere as duas séries de expressões:

- |                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| A) Celenterados | A) Simetria Penta-radiada |
| B) Equinodermas | B) Rádula                 |
| C) Artrópodos   | C) Espículas              |
| D) Moluscos     | D) Nematocistos           |
| E) Esponjas     | E) Patas Articuladas      |

Mantida a seqüência da primeira série, as letras correspondentes à segunda devem estar na seguinte ordem:

- a) D, C, E, B, A
- b) A, C, D, E, B
- c) B, A, E, B, C
- d) D, A, E, B, C
- e) C, A, E, B, D



# Os Vertebrados

---

## 1. Os cordados

Os cordados são os animais mais evoluídos. Cerca de 95% das espécies deste filo pertencem à categoria dos vertebrados. Os demais 5% são conhecidos como protocordados.

Todos os cordados possuem algumas características básicas, presentes pelo menos em uma fase do seu ciclo de vida. Estas características, diagnósticas do grupo, são a presença de notocorda, fendas branquiais e tubo nervoso dorsal.

A *notocorda* é um cilindro maciço e flexível, de natureza esquelética. Localiza-se sobre o tubo digestivo e abaixo do tubo nervoso dorsal. Surge no embrião de qualquer cordado, persistindo na fase adulta de alguns e regredindo em outros.

As *fendas branquiais* são perfurações que surgem, embrionariamente e nos dois lados da faringe. Embora persistam nos cordados adultos de vida aquática, regredem nas formas terrestres. O *tubo nervoso dorsal* é derivado da ectoderme e forma-se sobre a notocorda. Nos vertebrados a sua parte anterior se dilata e forma o encéfalo ou cérebro.

Os cordados são animais de simetria bilateral, deuterostômios, triploblásticos e celomados. São classificados em quatro subfilos: hemicordados, urocordados, cefalocordados e vertebrados ou craniados.

Hemicordados, urocordados e cefalocordados são reunidos num único grupo o dos protocordados.

Os protocordados são pequenos animais marinhos que não possuem crânio, coluna vertebral e encéfalo. A notocorda nos hemicordados adultos é curta e reduzida a um curto segmento na parte anterior do corpo. Nos urocordados adultos a notocorda é ausente. Já nos cefalocordados persiste durante a vida adulta como um cilindro ao longo de todo o corpo.

Como exemplo de cefalocordados temos o *Anfioxo* um pequeno animal com aspecto de peixe, embora não possua cabeça e apêndices locomotores. Um representante dos hemicordados é o *Balanoglossus* de aspecto vermiforme e que vive nas águas rasas de mares quentes. Um urocordado



é a *Ascidia*, animal sésil e que vive fixo a rochas próximas às regiões costeiras.

## 2. Vertebrados

O subfilos dos vertebrados divide-se em dois grupos: *agnatos* e *gnatóstomos*. Os agnatos, vertebrados sem mandíbula, incluem uma única classe, a dos *ciclóstomos*. Um ciclóstomo é a lampréia, animal de corpo pisciforme encontrado em águas doces e salgadas.

Os gnatóstomos, vertebrados com mandíbulas, dividem-se em duas superclasses: Peixes e Tetrápodes.

Os *peixes* são animais que possuem nadadeiras pares, brânquias e escamas. Há duas classes de peixes: cartilaginosos e ósseos. Os *cartilaginosos* apresentam esqueleto cartilaginoso. São os primeiros vertebrados a possuir nadadeiras pares, vértebras separadas e mandíbulas móveis, com dentes. São peixes cartilaginosos o tubarão, o cação, a raia, o torpedo e o peixe-martelo.

Os *peixes ósseos* recebem este nome por possuírem esqueleto ósseo. Constituem-se na quase totalidade dos peixes encontrados em mares, rios e lagos. Diferem dos peixes cartilaginosos por possuírem esqueleto ósseo, escamas de origem dérmica revestindo o corpo (nos cartilaginosos a origem é dermoepidérmica), fendas branquiais abertas numa cavidade única e bexiga natatória. Esta é uma bolsa localizada acima do estômago e apresenta em seu interior gases que ajudam o peixe a flutuar na água. São peixes ósseos a pescada, o robalo, a garoupa, a corvina, o peixe-espada, a tainha, a sardinha, o bagre, o cavalo-marinho etc.

Os *tetrápodes* apresentam extremidades pares, pulmões, pele córnea e esqueleto ósseo. Dividem-se em quatro classes: anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Os *anfíbios* são assim chamados por possuírem uma fase larvária aquática e formas adultas terrestres. A transição do meio aquático para o terrestre exigiu uma série de modificações em seu organismo: substituição de nadadeiras por patas, desenvolvimento de pulmões para respirar o ar, transformações na pele para permitir a exposição ao ar, aquisição de órgãos dos sentidos, que funcionem tanto na água como no ar, e alterações circulatórias integradas com a respiração pulmonar e cutânea. Há três grupos principais de anfíbios: ápodes, urodelos e anuros. Os *ápodes* não possuem apêndices locomotores. São as cobras-cegas ou cecílias. Os *urodelos* têm corpo alongado com dois pares de apêndices locomotores e cauda. São as



salamandras e tritões. Os *anuros* têm a cauda atrofiada. É o caso do sapo, da rã e da perereca.

Os *répteis* são superiores aos anfíbios por apresentarem um tegumento com maior proteção à perda de água, extremidades úteis a uma locomoção mais rápida, ossificação completa do esqueleto, maior separação dos sangues arterial e venoso no coração e a presença de um tipo especial de ovo. Este ovo, dotado de casca e membranas protetoras do embrião, permitiu-lhes a reprodução em meio terrestre. Os répteis, à semelhança de peixes e anfíbios, são animais *pecilotermos*, ou seja, são sensíveis às variações da temperatura ambiental. Há quatro ordens de répteis: *Chelonia* (tartarugas, cágados e jabutis), *Squamata* (lagartixas e cobras ou ofídios), *Crocodylia* (crocodilos e jacarés) e *Rhynchocephalia* (*Sphenodon punctatum*, que vive na Nova Zelândia).

As *aves* são animais homeotermos, de metabolismo elevado, bípedes, dotados de asas e possuidoras de penas inseridas na pele. Possuem na pele uma única glândula, a uropigial, produtora de uma secreção com a qual lubrificam as penas. Sua visão é bastante desenvolvida e não possuem dentes. As aves seguramente evoluíram a partir dos répteis. São contudo mais desenvolvidas que estes: seu corpo é isolado por penas, são homeotermos, os sangues arterial e venoso são completamente separados no coração, o metabolismo é elevado, a visão é aperfeiçoada e cuidam de sua prole. Há várias ordens de aves entre as quais destacamos: passeriformes (pássaros), falconiformes (falcões, águias), anseriformes (gansos, patos), psitacíformes (papagaios) e columbiformes (pombos).

Os *mamíferos* constituem-se no mais evoluído grupo de animais. São todos animais tetrápodes, cuja pele é coberta por pêlos e glândulas cutâneas, tais como as sudoríparas, as sebáceas, as odoríferas e as mamárias. Pêlos e glândulas mamárias são duas características exclusivas de mamíferos. Outra característica exclusiva é a presença do músculo diafragma que separa o tórax do abdome. Nos mamíferos, como nas aves, os sangues arterial e venoso são completamente separados no coração. Este fato aliado à presença de uma respiração mais rápida graças ao diafragma e à existência de pêlos que isolam termicamente o corpo contribuem para a homeotermia. Os mamíferos têm uma outra característica exclusiva: a presença de placenta. Esta se constitui numa estrutura pela qual a mãe pode fornecer alimento e oxigênio ao filho e eliminar suas excreções.

A classe dos mamíferos divide-se em três subclasses: prototérios, metatérios e eutérios. Os prototérios apresentam uma só ordem a dos



monotremados, que são os mamíferos que põem ovos. Como exemplo temos a équidna e o ornitorrinco. Os metatérios apresentam uma só ordem a dos marsupiais. Estes possuem bolsas como os cangurus e gambás. Os eutérios são dotados de placenta. Suas principais ordens são: cetáceos (baleias, golfinhos), lagomorfos (coelhos), carnívoros (leão, cão), primatas (homem, macaco), quirópteros (morcegos), proboscídeos (elefantes), sirênios (peixe-boi) etc.

### 3. Características dos vertebrados

A seguir, apontamos as características gerais dos vertebrados.

O *tegumento* ou revestimento do corpo é constituído por um epitélio pluriestratificado, ou seja, formado por várias camadas de células. É constituído por epiderme e derme. Nos vertebrados aquáticos o tegumento apresenta glândulas mucosas. Além disso, o tegumento apresenta anexos como escamas em peixes e répteis, pêlos em mamíferos e penas nas aves.

A *musculatura* é bem desenvolvida. Há músculos lisos, de contração lenta e involuntária, geralmente encontrados nos órgãos internos. Há também músculos estriados, de contração rápida e voluntária, situados sobre o esqueleto.

O *esqueleto* é interno (endosqueleto) e de origem mesodérmica. É formado por tecido cartilaginoso nos vertebrados mais inferiores e principalmente por tecido ósseo nos superiores. São funções do esqueleto a proteção, a sustentação e a locomoção dos animais. O esqueleto é dividido em axial, zonal e apendicular. O axial compreende o crânio e a coluna vertebral. O crânio aloja em seu interior o cérebro. A coluna vertebral é constituída por vértebras e contém em seu interior a medula espinhal. O esqueleto zonal compreende as cinturas escapular (ombros) e pélvica (quadril). O apendicular é o esqueleto dos membros.

O *sistema digestivo* é do tipo completo, com a boca anterior e ânus posterior. Em alguns vertebrados há cloaca, um orifício comum aos aparelhos digestivo, excretor e reprodutor. O tubo digestivo situa-se em posição ventral em relação à coluna vertebral e apresenta glândulas anexas como o fígado e o pâncreas.

A *respiração* pode ser cutânea, branquial e pulmonar.

A *circulação* é fechada. O coração ocupa posição ventral em relação ao tubo digestivo e constitui-se de musculatura bem desenvolvida. Pode ter duas, três ou quatro cavidades. O sangue circula no interior de artérias e veias entre as quais há leitos capilares. Há também vasos linfáticos. O sangue



é constituído por plasma, líquido no qual estão mergulhados glóbulos vermelhos e brancos. Nos glóbulos vermelhos há um pigmento respiratório, a hemoglobina.

A *excreção* se faz por dois rins.

O *sistema nervoso* se divide em central, periférico e autônomo. O central é formado pelo encéfalo e pela medula espinhal. Dele partem nervos constituindo o sistema periférico. Os nervos são ditos cranianos quando saem do encéfalo e raquidianos quando estão ligados à medula. O autônomo se divide em simpático e parassimpático e sua função é regular as funções involuntárias dos órgãos internos.

O *sistema sensorial* apresenta órgãos bem desenvolvidos para a percepção de luz, som, odores, sabores e forma dos objetos.

O *sistema endócrino* constitui-se de glândulas produtoras de hormônios. Estes, lançados no sangue, regulam as funções do organismo.

Quanto à *reprodução*, a maioria dos vertebrados é de sexos separados. A fecundação pode ser interna ou externa e o desenvolvimento direto ou indireto.

#### 4. Exercícios

1. (Fac. Objetivo) Os animais do filo *Chordata* não apresentam uma das características abaixo:
  - a) Possuem notocorda, cordão nervoso dorsal e fendas branquiais faringeanas, pelo menos na vida embrionária.
  - b) Estão distribuídos em quatro grupos: hemicordados, urocordados, cefalocordados e vertebrados.
  - c) São todos deuterostômios e marinhos.
  - d) São triblásticos e apresentam redução do celoma na fase adulta.
  - e) Nem sempre conservam a notocorda em fase adulta.
2. (FGV) O filo dos Cordados compreende quatro subfilos: Hemicordados, Urocordados, Cefalocordados e Vertebrados. Os três primeiros são, costumeiramente, agrupados sob a designação de Protocordados. A notocorda existe:
  - a) somente na fase embrionária dos Vertebrados e durante toda a vida dos Protocordados
  - b) na fase adulta dos Vertebrados e na vida embrionária dos Protocordados
  - c) nos embriões de todos os Cordados e no estágio adulto de apenas alguns Protocordados
  - d) durante toda a vida dos Cordados
  - e) somente na fase embrionária dos Cordados
3. (UnB) O anfioxo constitui-se em um precioso elo para o estudo da evolução. Ele é um animal que apresenta todas as características abaixo, exceto:
  - a) Pertence ao filo *Chordata*.
  - b) É mais evoluído do que os peixes.
  - c) É encontrado apenas em ambientes marinhos.
  - d) Apresenta respiração branquial.



4. (FUVEST) No desenvolvimento dos cordados, três caracteres gerais salientam-se, distinguindo-os de outros animais. Assinale a alternativa que inclui estes três caracteres:
  - a) Notocorda, três folhetos germinativos e tubo nervoso dorsal.
  - b) Corpo segmentado, tubo digestivo completo, tubo nervoso dorsal.
  - c) Simetria bilateral, corpo segmentado, notocorda.
  - d) Simetria bilateral, três folhetos germinativos, notocorda.
  - e) Tubo nervoso dorsal, notocorda, fendas branquiais na faringe.
5. (FAAP) Quais os sistemas ou aparelhos encontrados nos vertebrados?
6. (FUVEST) Cite quatro características exclusivas dos vertebrados, que os distinguem dos invertebrados.
7. (FUVEST) Dê quatro caracteres que distinguem os peixes cartilaginosos dos ósseos.
8. Em um peixe cartilaginoso devemos encontrar:
  - a) boca anterior
  - b) opérculo sempre
  - c) ânus
  - d) espiráculo
  - e) n.d.a.
9. São agnatos:
  - a) peixes
  - b) anfíbios
  - c) ciclóstomos
  - d) répteis
  - e) aves
10. (Med. Sto. Amaro) Incluimos entre os *Gnathostomata*, os *Chordata* que:
  - a) apresentam um arco inferior ou mandíbula
  - b) não apresentam um arco inferior ou mandíbula
  - c) apresentam nadadeiras pares
  - d) não apresentam nadadeiras pares
  - e) apresentam mandíbula e somente nadadeiras ímpares
11. (COMBIMED) Os vertebrados podem apresentar respiração:
  - a) só pulmonar
  - b) cutânea, traqueal e pulmonar
  - c) traqueal, branquial e pulmonar
  - d) cutânea, branquial e pulmonar
  - e) cutânea, traqueal, branquial e pulmonar
12. O pingüim é:
  - a) tetrápode e agnato
  - b) tetrápode invertebrado
  - c) gnatóstomo vertebrado, tetrápode
  - d) vertebrado e tetrápode mas não gnatóstomo
  - e) n.d.a.
13. (MACK) Assinale a alternativa que indica apenas nomes de mamíferos:
  - a) baleia, gambá, tubarão
  - b) baleia, morcego, peixe-boi
  - c) peixe-boi, lagartixa, tubarão
  - d) gambá, lagartixa, morcego
  - e) cavalo-marinho, boi, cão



# *Sistema Digestivo*

## **1. Introdução**

O sistema digestivo nos vertebrados tem por funções capturar, transportar e digerir alimentos para depois absorver os nutrientes essenciais à vida e eliminar os restos inaproveitáveis.

É constituído pelo tubo digestivo e pelas glândulas anexas que passamos a analisar.

## **2. Tubo digestivo**

Apresenta-se formado por boca, faringe, esôfago, estômago, intestino e ânus ou cloaca. Na *boca* encontram-se a língua, os dentes e as glândulas salivares. A língua, em mamíferos, é musculosa e apresenta em sua superfície corpúsculos táteis e quimiorreceptores. Constitui-se nesses animais em órgão importante para a deglutição, fonação e paladar. Os dentes têm grande importância para a mastigação e trituração dos alimentos. Em mamíferos estão implantados em cavidades, os alvéolos. Aves, tartarugas, alguns peixes e alguns mamíferos não possuem dentes.

A faringe serve como via de passagem aos sistemas digestivo e respiratório. Nos vertebrados aquáticos a faringe apresenta aberturas laterais: as fendas branquiais.

O *esôfago* é um tubo elástico que une a faringe ao estômago. A musculatura de sua parede por contrações origina movimentos peristálticos que levam os alimentos ao estômago. O esôfago nas aves apresenta uma dilatação, o papo, cuja função é armazenar e hidratar alimentos.

O *estômago* tem por funções armazenar alimentos e realizar a digestão. Comunica-se com o esôfago através da cárdia e com o intestino através do piloro. Cárdia e piloro são dois orifícios em cujas paredes encontram-se músculos esfínterianos, capazes de, por contração, fechá-los. O estômago apresenta duas curvaturas, a pequena e a grande. A pequena curvatura é anterior e côncava, enquanto a grande curvatura é posterior e convexa.

Em anfíbios, répteis e mamíferos, o estômago é simples, ou seja, apresenta uma só cavidade. Nas aves divide-se em proventrículo e moela.

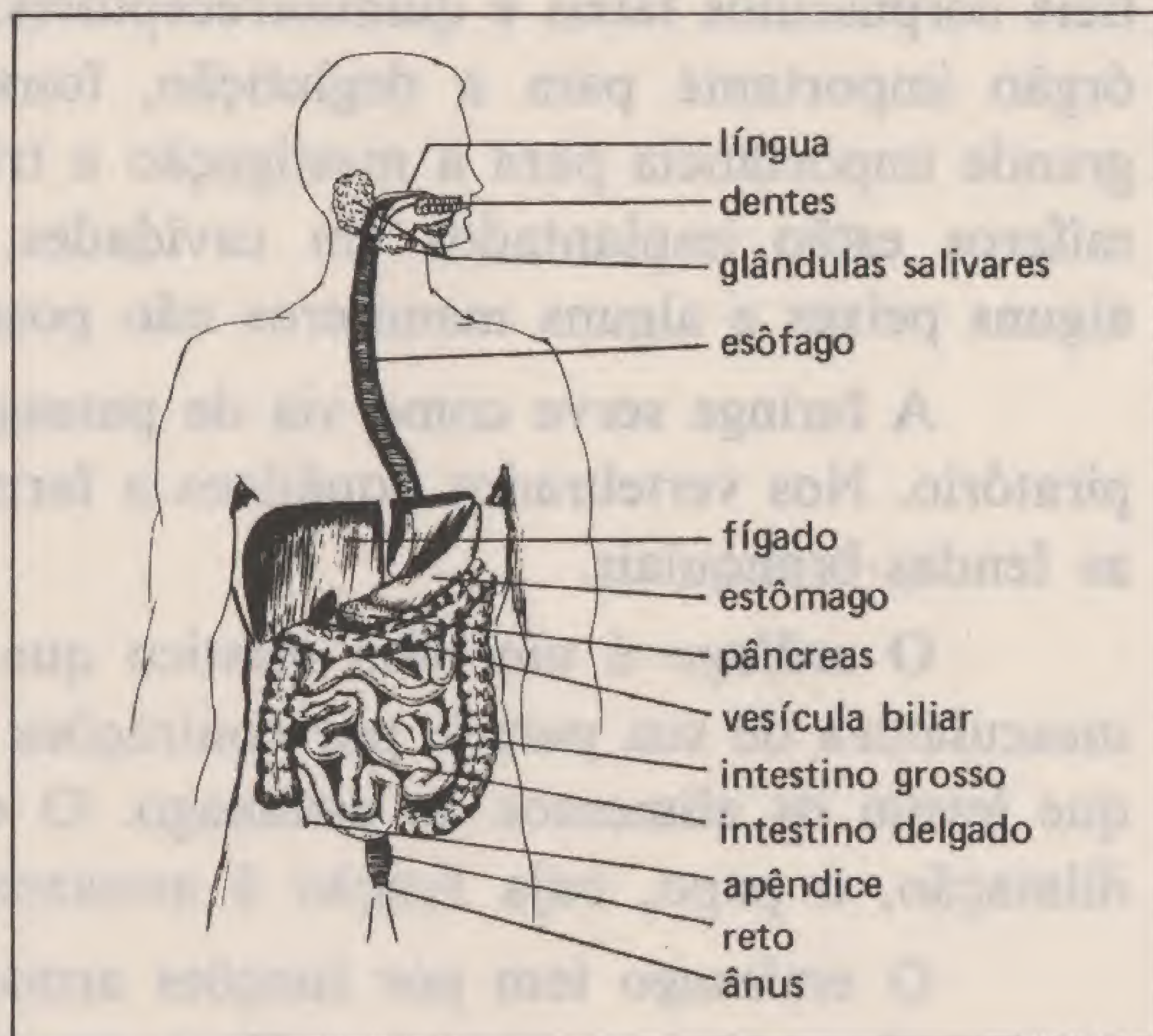


O proventrículo ou estômago químico fabrica enzimas. A moela serve para triturar alimentos.

Os ruminantes têm o estômago dividido em quatro câmaras: pança ou rúmem, barrete ou retículo, folhoso ou omaso e coagulador ou abomaso. Na pança há digestão da celulose. No barrete o alimento é comprimido e transformado em bolas que voltam à boca para mastigação. Novamente deglutido o alimento chega ao folhoso onde há absorção de água. No coagulador o alimento sofre ação do suco gástrico.

No *intestino* completa-se a digestão e há absorção dos alimentos digeridos. Nos tetrápodes, o intestino é dividido em delgado e grosso, exceto nas aves. No delgado ocorre a maior parte da digestão e absorção dos alimentos. Para facilitar a absorção, sua parede apresenta vilosidades, que são projeções da mucosa em direção à luz do órgão. O intestino delgado divide-se em duodeno, jejuno e íleo. O duodeno está ligado ao segmento pilórico do estômago. A ele seguem-se o jejuno e o íleo, determinando este no ceco que é a primeira parte do intestino grosso. No duodeno desembocam o pâncreas e o fígado.

Nos mamíferos, o intestino grosso, é dividido em ceco, cólon e reto. No homem, fusionado à base do ceco, há um tubo fino, o apêndice vermiforme. O reto se abre no exterior pelo ânus em peixes ósseos e mamíferos. Nos peixes cartilaginosos, anfíbios, répteis e aves, a abertura intestinal é comum aos sistemas reprodutor e excretor, e denominada cloaca.



Sistema digestivo humano

### 3. Glândulas anexas

As glândulas anexas são estruturas acessórias ao tubo digestivo no interior do qual lançam suas secreções. São anexas as glândulas salivares, o fígado e o pâncreas.

As *glândulas salivares* encontram-se apenas em vertebrados terres-



tres. Produzem saliva que, lançada na boca, umedece os alimentos e, em mamíferos, apresenta função digestiva.

O *fígado* existe em todos os vertebrados. É maciço e divide-se em duas partes: lobos direito e esquerdo. Uma de suas funções é a produção de bÍlis ou bile, que é armazenada na vesícula biliar, estrutura em forma de saco ligada à face inferior do fígado. A contração da vesícula biliar lança a bile no duodeno.

O *pâncreas* em alguns peixes é difuso mas nos tetrápodes é maciço e dividido em dois lobos: a cabeça e a cauda. O pâncreas fabrica o suco pancreático que é lançado no duodeno através do chamado canal de Wirsung. Uma outra função do pâncreas é a produção do hormônio insulina.

#### 4. A digestão

Dá-se o nome de digestão ao processo pelo qual os alimentos são degradados em elementos mais simples, para que possam atravessar a mucosa intestinal, atingir o sangue e chegar às células do organismo. A digestão pode ser mecânica e química. A *mecânica* consiste na mastigação dos alimentos (realizada pelos dentes) e na sua progressão pelo tubo digestivo por meio da deglutição e movimentos peristálticos. A *química* consiste na hidrólise dos alimentos, ou seja, um processo químico em que um composto reage com a água, originando compostos mais simples. A hidrólise dos alimentos é realizada por enzimas. A digestão química realiza-se em três fases: insalivação, quimificação e quilificação.

A *insalivação* consiste na ação da saliva sobre os alimentos. Nos mamíferos a saliva contém água, sais, proteínas e uma enzima digestiva: a ptialina ou amilase salivar. Essa enzima em meio neutro ou levemente alcalino age sobre o açúcar amido, transformando-o em maltose. A digestão de carboidratos tem, portanto, início na boca.

A *quimificação* ocorre no estômago. Os alimentos são misturados com o suco gástrico secretado pelo estômago, formando-se o quimo (alimento semidigerido). A secreção do suco gástrico pelas glândulas gástricas da parede do estômago é estimulada por um hormônio, a gastrina, produzido pela região pilórica. A secreção do suco gástrico tem também controle nervoso.

O suco gástrico contém água, ácido clorídrico e enzimas. O ácido clorídrico proporciona um pH ótimo para a ação do suco gástrico. Esse pH é da ordem de 2 e, portanto, ácido. As enzimas do suco gástrico são a pepsina, a renina e a lipase gástrica. A *pepsina* é uma enzima proteolítica



que hidrolisa as proteínas convertendo-as em tripeptídeos e dipeptídeos. É lançada no estômago numa forma inativa denominada pepsinogênio. Este ativado por íons hidrogênio converte-se na enzima ativa. A *renina* ou *lab-fermento* promove a coagulação das proteínas do leite. No homem essa enzima só ocorre na infância. A *lipase gástrica* provoca a hidrólise de gorduras, formando ácidos graxos e glicerol. A digestão de proteínas e gorduras tem, portanto, início no estômago.

A *quilificação* ocorre no intestino delgado onde o quimo transforma-se em quilo sob a ação de três sucos: o pancreático, o entérico e a bile. Os três sucos agem em meio alcalino.

O *suco pancreático* é produzido pelo pâncreas e chega ao duodeno pelo canal de Wirsung. Sua secreção é estimulada por um hormônio, a *secretina*, produzido pelo intestino. São enzimas do suco pancreático: a tripsina, a amilase pancreática e a lipase pancreática. A *tripsina* hidrolisa proteínas. Chega ao intestino numa forma inativa, o tripsinogênio, que é ativada por uma outra enzima, a *enteroquinase*, produzida pela parede intestinal. A *amilase pancreática* digere o amido. A *lipase pancreática* converte gorduras em ácidos graxos e glicerol.

O *suco entérico* é produzido pelas células da mucosa do intestino delgado sob estímulos nervosos. É constituído por água, íons e enzimas. Estas são a erepsina, a enteroquinase, as polipeptidases, a sacarase, a maltase, a lactase e as nucleotidases. A *erepsina* é proteolítica. A *enteroquinase* ativa o tripsinogênio. As polipeptidases completam a hidrólise das proteínas anteriormente desdobradas pela pepsina e pela tripsina. A *sacarase* hidrolisa a sacarose, formando dois açúcares simples: a glicose e a frutose. A *maltase* digere o açúcar maltose, desdobrando-a em duas moléculas de glicose. A *lactase* hidrolisa a lactose, açúcar do leite, formando os açúcares simples: glicose e galactose. As *nucleotidases* hidrolisam os ácidos nucléicos.

A *bile* é um líquido viscoso de cor verde-amarelada e bastante amargo. *Não possui enzimas*. Apresenta sais biliares que emulcionam as gorduras, quebrando-as em gotículas menores, o que facilita a ação das lipases. O esvaziamento da vesícula biliar durante a digestão dá-se sob o estímulo de um hormônio, a colecistoquinina.

Completada a digestão, as substâncias produzidas são absorvidas pela parede do intestino delgado. No intestino grosso só ocorre absorção de água.

O material não digerido é acumulado sob a forma de fezes.



## 5. Exercícios

1. (PUCC) A cloaca persiste na vida adulta dos seguintes animais:
  - a) peixes ósseos – anfíbios – alguns mamíferos
  - b) peixes ósseos – peixes cartilagosos – ciclóstomos
  - c) ciclóstomos – peixes cartilagosos – alguns mamíferos
  - d) peixes cartilagosos – anfíbios – répteis
  - e) n.d.a.
2. (Med. Santa Casa) A maioria das aves apresenta, no seu aparelho digestivo, papo, pro-ventrículo e moela.  
A ação fundamental destas estruturas sobre o alimento é, respectivamente:
  - a) física, química e de armazenamento
  - b) química, de armazenamento e física
  - c) química, física e de armazenamento
  - d) de armazenamento, física e química
  - e) de armazenamento, química e física
3. (FUNEDUCE) São glândulas anexas do sistema digestivo dos mamíferos:
  - a) pâncreas, fígado, parótida, paratireóide, submaxilar
  - b) pâncreas, fígado, parótida, sublingual
  - c) fígado, parótida, sublingual, amígdalas linguais
  - d) pâncreas, pineal, parótida, fígado
4. (Med. Santos) Através de que mecanismo há coincidência na chegada ao duodeno da secreção do suco pancreático e do conteúdo ácido proveniente do estômago?
  - a) por sinais emitidos por nervos que chegam ao pâncreas
  - b) por sinais emitidos por nervos que chegam ao estômago
  - c) por sinais emitidos por nervos que chegam ao pâncreas e ao estômago
  - d) por sinais emitidos por nervos que chegam até o pâncreas e se prolongam até o estômago
  - e) por hormônios que circulam no sangue
5. (UFPA) A moela é uma parte do estômago das aves que tem por função:
  - a) trituração de alimentos
  - b) armazenamento de alimentos
  - c) digestão de proteínas
  - d) digestão de lipídios
  - e) produção de enzimas proteolíticas muito potentes
6. (Mogi) A bile, a pepsina e a tripsina são produzidas, respectivamente:
  - a) pela vesícula biliar, estômago e pâncreas
  - b) pelo estômago, pâncreas e fígado
  - c) pelo fígado, estômago e pâncreas
  - d) pela vesícula biliar, pâncreas e estômago



# Sistema Respiratório

---

## 1. A respiração

Dá-se o nome de respiração à tomada de oxigênio do meio externo e à concomitante liberação de gás carbônico. Nos vertebrados, há três tipos de respiração: cutânea, branquial e pulmonar.

A *respiração cutânea* é realizada através de tegumento. Nesse caso, é preciso que o tegumento apresente-se próprio à passagem de gases, ou seja, permaneça continuamente úmido e possua intensa vascularização. Nos anfíbios, onde a respiração cutânea é observada, a pele fina é mantida úmida por secreções glandulares, o que permite a difusão dos gases respiratórios cuja troca ocorre ao nível dos vasos sanguíneos.

A *respiração branquial* é realizada por meio de brânquias, estruturas próprias às trocas gasosas em meio aquático. As brânquias são constituídas por lâminas ou filamentos delgados, onde uma fina camada de células recobre uma rede de vasos sanguíneos. As trocas gasosas consistem na troca entre o oxigênio trazido pela água e o gás carbônico que chega às brânquias através dos vasos sanguíneos. Respiram por brânquias os peixes e as larvas de anfíbios. A água penetra pela boca e, ao chegar à faringe, desvia-se para as brânquias. Após banhá-las, sai para o exterior através dos orifícios branquiais. Nos *peixes cartilagosos* há cinco pares de brânquias situadas em câmaras branquiais separadas e que se abrem no meio externo por fendas branquiais. Em cada lado do corpo, antes da primeira fenda branquial há um orifício, o espiráculo, que se comunica com a faringe, por onde também há saída de água. Nos *peixes ósseos* há quatro pares de brânquias localizadas em cada lado da faringe numa câmara branquial única. Cada câmara branquial é protegida por uma peça óssea: o opérculo. Cerca de metade dos peixes ósseos possuem na região dorsal da cavidade do corpo um saco de paredes delgadas denominado bexiga natatória. Esta em alguns peixes, chamados dipnóicos, como a pirambóia, é muito vascularizada e funciona como pulmão.

A *respiração pulmonar* é realizada por órgãos denominados pulmões, capazes de realizar trocas gasosas em meio aéreo. Os pulmões são encon-



trados nos vertebrados terrestres, nos quais sua estrutura complica-se desde anfíbios até mamíferos. De modo geral apresentam-se como grandes órgãos ocos, com grande superfície interna e altamente vascularizados. Nos anfíbios apresentam-se como bolsas simples. Nos répteis são mais eficientes, com subdivisões internas em muitos alvéolos. Nas aves, embora não sejam do tipo alveolar, apresentam uma grande rede de canais que permitem o arejamento interno. Nos mamíferos atingem grande complexidade com enorme superfície alveolar. Os alvéolos são sacos de pequeno tamanho, cujas paredes celulares são revestidas por uma rede de capilares. Cada alvéolo se liga ao meio externo por canais, o que permite a realização de trocas gasosas entre o ar que aí chega e o sangue.

Como os pulmões nos tetrápodes são órgãos internos, faz-se necessária a presença de um canal aerífero, as chamadas vias aéreas, que promova a sua ventilação. Esse canal aerífero é, de modo geral, nos vertebrados, constituído pelas fossas nasais, faringe, laringe, traquéia, brônquios e acessoricamente, a boca.

Como estruturas peculiares destacam-se a presença da *siringe*, órgão responsável pela emissão de sons, nas aves. E, nos mamíferos, a presença do músculo *diafragma* que separa o tórax do abdome e se constitui em músculo acessório para a respiração.

## 2. Fisiologia da respiração

Considerando-se o caso humano, o processo respiratório pode ser dividido em quatro etapas: ventilação pulmonar, difusão de oxigênio e gás carbônico entre alvéolos e sangue, transporte de oxigênio e gás carbônico pelo sangue, e regulação da respiração.

Chama-se *ventilação pulmonar* à entrada e saída do ar entre a atmosfera e os alvéolos pulmonares. É realizada por dois processos: a inspiração e a expiração. A inspiração faz com que o ar penetre nos pulmões. Para que ocorra, a caixa torácica deve aumentar de volume, o que é possível graças às contrações do diafragma e dos músculos intercostais. A contração do diafragma aumenta a caixa torácica no sentido longitudinal. A contração dos intercostais eleva as costelas e provoca um aumento da caixa torácica no sentido transversal. Assim, a pressão interna se torna menor que a atmosférica e o ar entra nos pulmões. Na expiração há o inverso. Os músculos se relaxam, há redução do volume da caixa torácica e o ar é expelido.



O passo seguinte é a *difusão* do oxigênio dos pulmões para o sangue e a passagem do gás carbônico do sangue para os pulmões. A difusão de oxigênio se dá porque a sua pressão no interior dos alvéolos é maior que a sua pressão no sangue venoso que chega aos pulmões para oxigenação. O gás carbônico deixa o sangue porque a sua pressão é maior no sangue que no interior dos alvéolos.

Quanto ao *transporte de oxigênio*, cerca de 97% deste são transportados combinados quimicamente com a hemoglobina, pigmento respiratório existente no interior dos glóbulos vermelhos. Os 3% restantes são transportados dissolvidos no plasma.

O *transporte de gás carbônico* pelo sangue pode dar-se sob a forma de íons bicarbonato (cerca de 65%), ligados à hemoglobina ou dissolvidos no plasma. O gás carbônico ligado à hemoglobina consiste em 30% do total que deve chegar aos pulmões. Forma-se a carboemoglobina, um composto instável, que, ao chegar aos pulmões, dissocia-se rapidamente, liberando gás carbônico.

O *controle da respiração* é realizado pelo centro respiratório, localizado no bulbo cerebral. Para isso o centro respiratório recebe informações sobre as necessidades de ventilação pulmonar e organiza respostas.

Um tipo de informação é a tensão de gás carbônico no sangue. O centro respiratório tem grande sensibilidade às variações de tensão de gás carbônico no sangue. Se essa tensão, por exemplo, aumenta, o centro respiratório promove um ritmo respiratório mais rápido e profundo para que o gás carbônico seja eliminado.

Outro tipo de informação é a originada por quimiorreceptores existentes nas paredes das artérias carótida e aorta. Os quimiorreceptores são sensíveis às variações do teor de oxigênio no sangue. Quando a tensão de oxigênio é baixa, os quimiorreceptores estimulam o centro respiratório que, em resposta, promove um aumento do ritmo respiratório.

### 3. Exercícios

1. (U. Gama Filho) Dos músculos abaixo relacionados, assinale aquele que tem participação ativa na respiração:
  - a) grande dorsal
  - b) deltóide
  - c) diafragma
  - d) peitoral menor
  - e) masseter
2. (Londrina) O ritmo dos movimentos respiratórios é controlado involuntariamente pela:
  - a) quantidade de gás carbônico no sangue
  - b) quantidade de oxigênio nos pulmões



- c) quantidade de açúcar no sangue
- d) contração do diafragma
- e) contração dos músculos intercostais

3. (FAAP) Qual a função dos alvéolos pulmonares?

4. (Med. ABC) Dos vertebrados aquáticos citados abaixo, assinale aquele em que a sua bexiga natatória é semelhante, em termos de analogia, ao pulmão de um vertebrado terrestre:

- a) tubarão
- b) baleia
- c) pirambóia
- d) sardinha
- e) peixe-boi

5. (FGV) As brânquias dos peixes:

- a) decompõem  $H_2O$  em  $H_2$  e  $O$ , usando este último para respiração
- b) não possuem função respiratória
- c) são pulmões transformados
- d) retiram  $O_2$  atmosférico dissolvido na água
- e) regulam a temperatura do corpo através da queima de  $O_2$

6. (UFSCAR) Os anfíbios têm mais recursos para a respiração que qualquer outro grupo animal, refletindo a transição de habitats aquáticos para terrestres. Em diferentes espécies, as seguintes estruturas podem exercer a respiração, tanto separadamente como em combinação:

- a) brânquias, pulmões, pele, bucofaringe
- b) traquéias, pulmões, pele, cloaca
- c) traquéias, brânquias, pele, bucofaringe
- d) cloaca, brânquias, pele, pulmões
- e) traquéias, cloaca, pele, bucofaringe

7. (CESCEM) Nos anfíbios, a respiração cutânea compensa:

- a) a falta de hemoglobina no sangue
- b) a falta de irrigação sangüínea na pele
- c) a falta de respiração pulmonar
- d) a pequena superfície dos pulmões
- e) a mistura de sangue arterial e venoso nas aurículas

8. (FMU) A reação:  $Hb + 4O_2 \rightleftharpoons Hb(O_2)_4$ , onde Hb representa a hemoglobina ocorre:

- a) nos pulmões
- b) no coração
- c) no fígado
- d) no baço
- e) nos tecidos orgânicos em geral

9. (CESCEA) A maior parte do dióxido de carbono é transportada no plasma sangüíneo como:

- a) íons carbonato
- b) íons bicarbonato
- c) carbo-hemoglobina
- d) moléculas dissolvidas de dióxido de carbono
- e) monóxido de carbono



# Sistema Circulatório

---

## 1. Introdução

O sistema circulatório tem por função o transporte de substâncias pelo corpo. Garante a chegada de nutrientes e oxigênio a todas as células e responsabiliza-se pela remoção de detritos nocivos ou inúteis produzidos pelo seu metabolismo.

O veículo para este transporte é o *sangue*, que é dito arterial quando transporta oxigênio, e venoso, se carrega gás carbônico. O sangue é constituído por uma parte líquida, o plasma, e por células. Estas podem ser de três tipos: glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e plaquetas. Os glóbulos vermelhos, também chamados hemácias ou eritrócitos, têm por função o transporte dos gases respiratórios, o que lhes é possível por possuírem hemoglobina. Na espécie humana, há de 4,5 a 5,5 milhões de hemácias por  $\text{mm}^3$  de sangue. Os glóbulos brancos, ou leucócitos, estão relacionados com a defesa do organismo graças à capacidade fagocítica que, em geral, possuem. Seu número na espécie humana é de 7 a 10 mil por  $\text{mm}^3$  de sangue. E, as plaquetas são, na verdade, detritos celulares relacionados com a coagulação do sangue. Seu número é de cerca de 300 mil por  $\text{mm}^3$  de sangue.

O sangue nos vertebrados circula dentro de um sistema constituído pelo coração e pelos vasos sangüíneos.

O *coração* é um órgão oco, de paredes musculares, cujas contrações periódicas impelem o sangue para o interior dos vasos. Nos vertebrados, o coração apresenta duas, três ou quatro cavidades e situa-se em posição ventral em relação ao sistema digestivo. No homem, por exemplo, a musculatura contrátil é denominada miocárdio. Este é externamente envolvido por uma membrana serosa, o pericárdio, e internamente revestido pelo endocárdio. O coração apresenta quatro cavidades: duas aurículas e dois ventrículos. As aurículas situam-se superiormente e os ventrículos, inferiormente. Não há comunicação das aurículas entre si e o mesmo acontece com os ventrículos. A aurícula direita comunica-se com o ventrículo direito através de um orifício onde está a válvula tricúspide. Entre a aurícula esquerda e o ventrículo esquerdo há um orifício onde está a válvula mitral. As válvulas têm a função de impedir o refluxo de sangue quando há a sístole, ou seja,

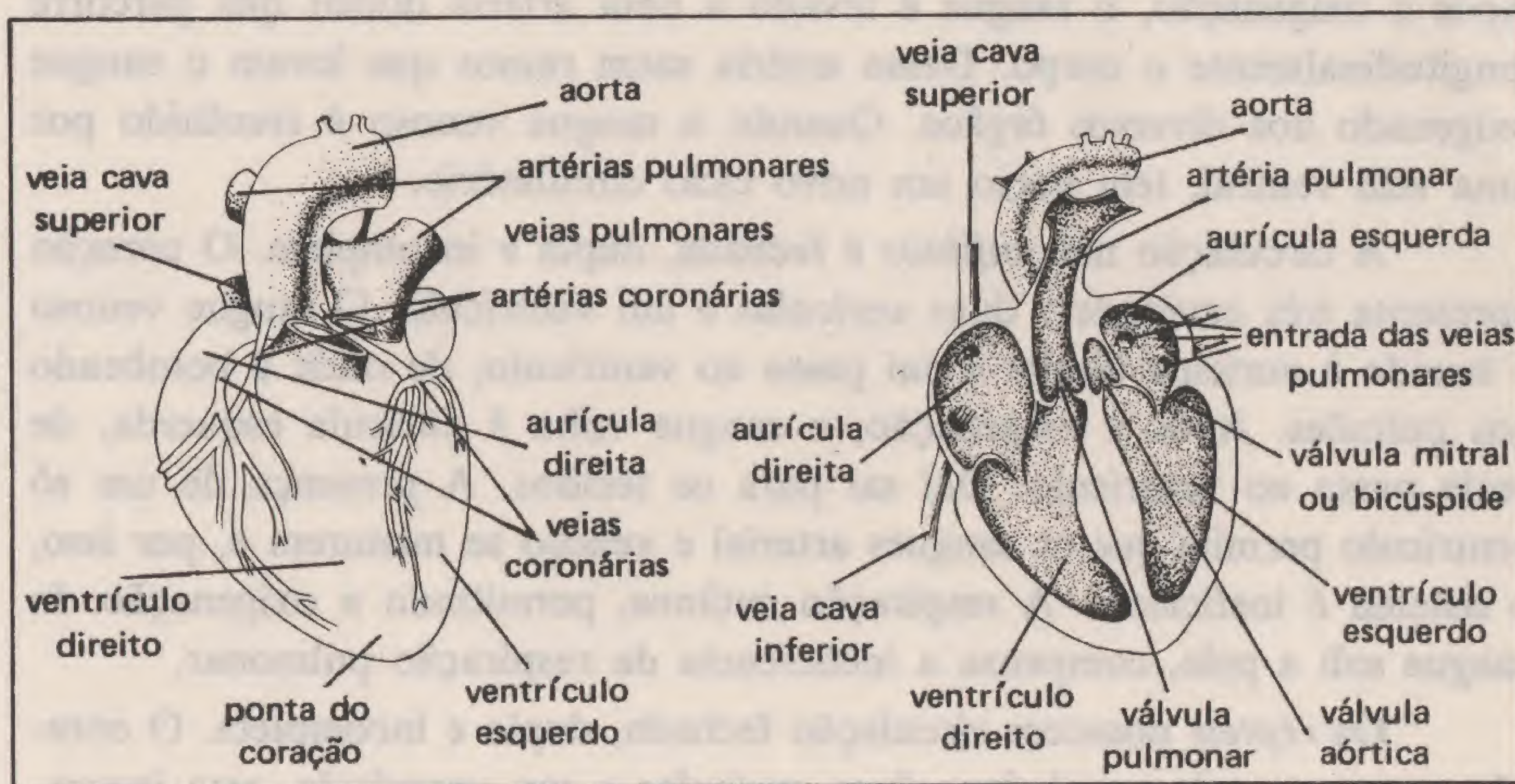


a contração do coração. Durante a diástole, ou relaxamento do coração, as válvulas se abrem.

Os *vasos sanguíneos* são estruturas tubulares no interior das quais o sangue circula. Distinguem-se três tipos de vasos sanguíneos: artérias, veias e capilares. As *artérias* são vasos que saem do coração, de onde levam o sangue a todas as partes do organismo. Possuem paredes espessas, constituídas por denso tecido elástico. No homem, as artérias que saem do coração são a pulmonar e a aorta. A pulmonar sai do ventrículo direito e leva o sangue venoso aos pulmões.

A aorta sai do ventrículo esquerdo, dirige-se para cima e para a esquerda, formando uma curva: a crossa da aorta. Continua depois para baixo percorrendo o tórax, atravessando o diafragma e entrando no abdome. Da aorta saem numerosos ramos como a coronária (vai ao coração), as carótidas (vão à cabeça), as subclávias (vão aos membros superiores), a hepática (vai ao fígado) etc.

As *veias* são vasos que chegam ao coração, para onde trazem o sangue do organismo. São vasos de paredes delgadas, compressíveis, onde o sangue circula sob baixa pressão. Possuem válvulas que impedem o refluxo de sangue. As principais veias do organismo humano são a cava superior, a cava inferior, as pulmonares e a porta. A cava superior leva à aurícula direita o sangue venoso da cabeça, pescoço e membros superiores. A cava inferior leva à aurícula direita o sangue venoso do restante do corpo. As pulmonares conduzem o sangue arterial dos pulmões à aurícula esquerda.



Coração humano



A veia porta recolhe o sangue venoso do baço, intestino e pâncreas e leva-o ao fígado.

Entre as artérias e as veias há vasos de pequeno calibre e paredes delgadas denominados *capilares*. É através deles que se processa a troca de substâncias entre o sangue e os tecidos.

Coração e vasos sangüíneos formam nos vertebrados um *sistema circulatório do tipo fechado*, pois o sangue em todo o trajeto pelo organismo sempre flui no interior dos vasos.

A circulação nos vertebrados pode ser simples ou dupla e, ainda, incompleta ou completa. A circulação é dita simples quando, numa volta completa, o sangue passa uma só vez pelo coração. Se numa volta completa o sangue passar duas vezes pelo coração, a circulação é dupla.

Fala-se em circulação incompleta quando há mistura de sangues arterial e venoso em algum ponto do sistema circulatório. Se não ocorrer essa mistura a circulação é dita completa.

## 2. Circulação nos vertebrados

Nos *peixes*, a circulação é fechada, simples e completa. O coração é alongado e apresenta duas cavidades, uma aurícula e um ventrículo. O sangue que passa pelo coração é exclusivamente venoso. Uma veia ventral recolhe o sangue venoso dos órgãos e leva-o ao coração. Daí o sangue é bombeado para a parte anterior do corpo em direção à cabeça. Ao sair do coração, o sangue é enviado às brânquias por uma série de arcos aórticos. Após a oxigenação, o sangue é levado a uma artéria dorsal que percorre longitudinalmente o corpo. Dessa artéria saem ramos que levam o sangue oxigenado aos diversos órgãos. Quando o sangue venoso é recolhido por uma veia ventral, tem início um novo ciclo circulatório.

A circulação nos *anfíbios* é fechada, dupla e incompleta. O coração apresenta três cavidades: duas aurículas e um ventrículo. O sangue venoso é trazido à aurícula direita e daí passa ao ventrículo, de onde é bombeado aos pulmões. Após a oxigenação, o sangue volta à aurícula esquerda, de onde passa ao ventrículo. Daí sai para os tecidos. A presença de um só ventrículo permite que os sangues arterial e venoso se misturem e, por isso, o sistema é ineficiente. A respiração cutânea, permitindo a oxigenação do sangue sob a pele, compensa a ineficiência da respiração pulmonar.

Os *répteis* possuem circulação fechada, dupla e incompleta. O coração apresenta três cavidades: duas aurículas e um ventrículo, este incompletamente separado em direito e esquerdo pelo septo de Sabatier. O sangue



venoso chega ao coração e penetra na aurícula direita. Daí passa ao lado direito do ventrículo de onde é bombeado aos pulmões. Após a oxigenação, o sangue arterial volta à aurícula esquerda, de onde passa ao lado esquerdo do ventrículo. Desse local é distribuído para o corpo. Há mistura de sangues arterial e venoso no ventrículo. Nos crocodilianos, a separação entre os ventrículos é completa mas ainda assim há mistura de sangue através do forâmeme de Panizza, situado entre as artérias que saem do coração.

Em *aves e mamíferos*, a circulação é fechada, dupla e completa. O coração apresenta quatro cavidades: duas aurículas e dois ventrículos, completamente separados. O sangue venoso, chega à aurícula direita e daí passa ao ventrículo direito. Deste é levado aos pulmões, onde ocorre a oxigenação. O sangue arterial volta do pulmão à aurícula esquerda, de onde passa ao ventrículo esquerdo. Daí, via artéria aorta, é distribuído para o organismo. Não há mistura de sangues arterial e venoso. Nas aves, a aorta se curva para a direita, enquanto nos mamíferos apresenta-se curvada para a esquerda.

### 3. Exercícios

1. (UFPA) – O sangue que sai da aurícula direita do coração das aves é de tipo:
  - a) venoso e se dirige aos pulmões.
  - b) misto e se dirige aos pulmões.
  - c) venoso e se dirige aos demais órgãos.
  - d) misto e se dirige aos demais órgãos.
  - e) misto e se dirige aos pulmões e demais órgãos.
2. (CESGRANRIO) – Nas opções abaixo estão relacionadas cavidades cardíacas e vasos sangüíneos. Assinale aquela que reúne cavidades e vasos nos quais, no homem adulto, o sangue encontrado será sempre sangue arterial.
  - a) ventrículo esquerdo, aorta e artéria pulmonar.
  - b) aurícula esquerda, veia pulmonar e aorta.
  - c) ventrículo direito, artéria pulmonar e aorta.
  - d) aurícula direita, veia cava e veia pulmonar.
  - e) ventrículo direito, veia pulmonar e artéria pulmonar.
3. (UFSCAR) Analise as frases abaixo:
  1. Nos vertebrados a circulação é fechada.
  2. Nos peixes a circulação é simples e completa.



3. Nos anfíbios a circulação é dupla e incompleta,
4. Nos répteis a circulação é dupla e incompleta.
5. Nas aves e mamíferos a circulação é dupla e completa.

Pode-se afirmar que as alternativas:

- a) 1, 2, 3 são corretas, mas 4, 5 não
- b) 4, 5 são corretas, mas 1, 2, 3 não
- c) 1, 2, 3, 4, 5 são corretas
- d) 1, 2 são corretas, mas 3, 4, 5 não

4. (Ouro Preto) O coração do tubarão é constituído por:

- a) duas aurículas, dois ventrículos e um sinus
- b) duas aurículas, um ventrículo e um bulbo
- c) uma aurícula e dois ventrículos
- d) duas aurículas e um ventrículo
- e) um sinus; uma aurícula, um ventrículo e um bulbo

5. (FUVEST) Cite os elementos figurados ou celulares do sangue dos mamíferos e dê suas funções fundamentais.

6. (Un. Fortaleza) A circulação nos mamíferos obedece ao princípio de um circuito fechado, onde a unidireção é mantida:

- a) pelo diâmetro e resistência da parede dos vasos
- b) pela ação propulsora do coração e pelo sistema de válvulas
- c) pela diferença de pressão que existe nos capilares
- d) pelo mecanismo de vaso constricção presente nas artérias

7. (Fund. Carlos Chagas) Qual das afirmativas abaixo é uma afirmação referente a *todas* as artérias?

- a) Conduzem sangue arterial.
- b) Conduzem sangue do corpo para o coração.
- c) Transportam sangue rico em oxigênio.
- d) Apresentam válvulas nas paredes.
- e) As paredes têm uma camada muscular.

8. (U. Gama Filho) Entre o átrio (aurícula) esquerdo e o ventrículo direito encontra-se a valva (válvula):

- a) aórtica
- b) mitral
- c) tricúspide
- d) nenhuma delas
- e) a e b



# Sistema Excretor

## 1. Introdução

Dá-se o nome de *excreção* ao processo de eliminação do meio interno de substâncias inúteis ou prejudiciais ao organismo. Constituem-se em produtos de excreção os excretos nitrogenados, a água, os sais e o gás carbônico.

Os excretos nitrogenados provêm do metabolismo das proteínas. São a amônia, o ácido úrico e a uréia. A *amônia* é um gás extremamente tóxico para os animais, sendo formada a partir da degradação direta de aminoácidos. Por ser solúvel em água, pode ser excretada em solução desde que haja grande quantidade de água disponível. Os vertebrados aquáticos, como os peixes, excretam amônia.

A *uréia* é um composto neutro, solúvel em água e pouco tóxico. É formada no fígado a partir do nitrogênio dos aminoácidos e constitui-se no produto de excreção de anfíbios e mamíferos. O *ácido úrico* é praticamente insolúvel na água e constitui-se o produto de excreção de répteis e aves. A excreção de ácido úrico é vantajosa, em relação à uréia, para os animais terrestres pois, graças à sua insolubilidade, ela limita as perdas de água através da urina.

Nos vertebrados, a remoção de excretos do meio interno é feita pelos rins.

Os *rins* eliminam os excessos de água e os subprodutos do metabolismo. Exercem importante papel na manutenção da *homeostasia*, ou seja, da persistência de condições estáticas ou constantes no meio interno.

## 2. Rins dos vertebrados

Os rins dos vertebrados apresentam dois componentes: glomérulos e túbulos. Os chamados *glomérulos de Malpighi* sãoovelos capilares microscópicos pelos quais são eliminados os excretos da corrente sanguínea. Os *túbulos* são canais microscópicos que coletam os excretos liberados pelo glomérulo. Há dois tipos de túbulos: os primários e os secundários. Os túbulos primários são os que se abrem na cavidade celomática por meio de um funil ciliado, o nefróstomo, de onde retiram os excretos. Isso ocorre

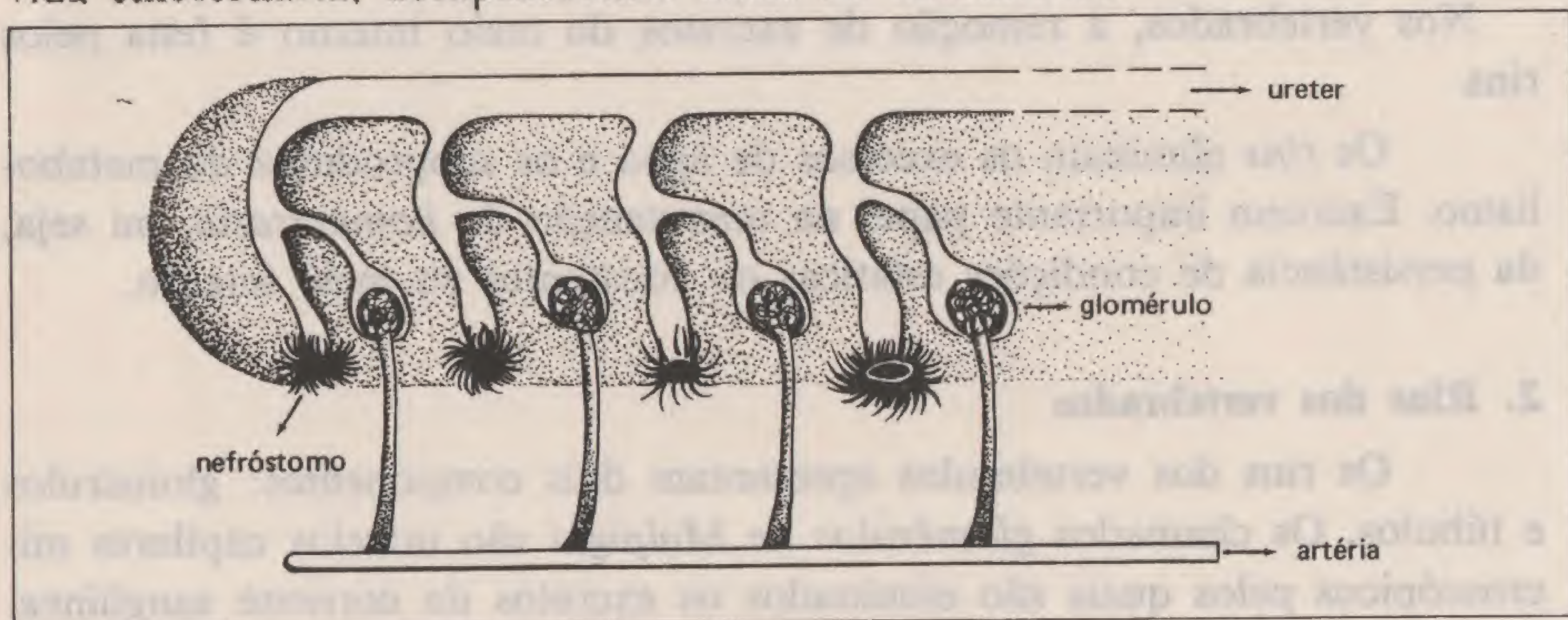


porque os glomérulos não chegam ao interior dos rins, mas eliminam as excreções no celoma. Os túbulos secundários possuem uma extremidade fechada formando a chamada cápsula de Bowmann. Esta é uma estrutura com a forma de um cálice, que envolve o glomérulo no interior dos rins. Note-se que os túbulos secundários retiram os catabólitos diretamente do sangue.

Há nos vertebrados três tipos de rins: prônefros, mesônefros e metânefros.

O *prônefro* é um rim segmentado, localizado anteriormente no corpo. Caracteriza-se por apresentar somente túbulos primários. A artéria renal não chega a penetrar nos rins e, ao nível da cavidade celomática, emite capilares formando os glomérulos. Os excretos são liberados na cavidade celomática e daí retirados pelos nefróstomos dos túbulos primários. O prônefro aparece no embrião de todos os vertebrados. É o rim funcionando nas fases larvárias de peixes e anfíbios. Aparece transitoriamente nos embriões de répteis, aves e mamíferos, e logo desaparece, não chegando a entrar em atividade.

O *mesônefro* é um rim segmentado, localizado em posição mediana. Caracteriza-se por apresentar, ao mesmo tempo, túbulos primários e secundários. A artéria renal forma glomérulos ao nível do celoma, mas também penetra nos rins, onde os glomérulos são envolvidos pelas cápsulas de Bowmann dos túbulos secundários. O mesônefro é o rim funcionando de peixes e anfíbios adultos. Nos répteis, aves e mamíferos, funciona durante a vida embrionária, desaparecendo antes do nascimento.



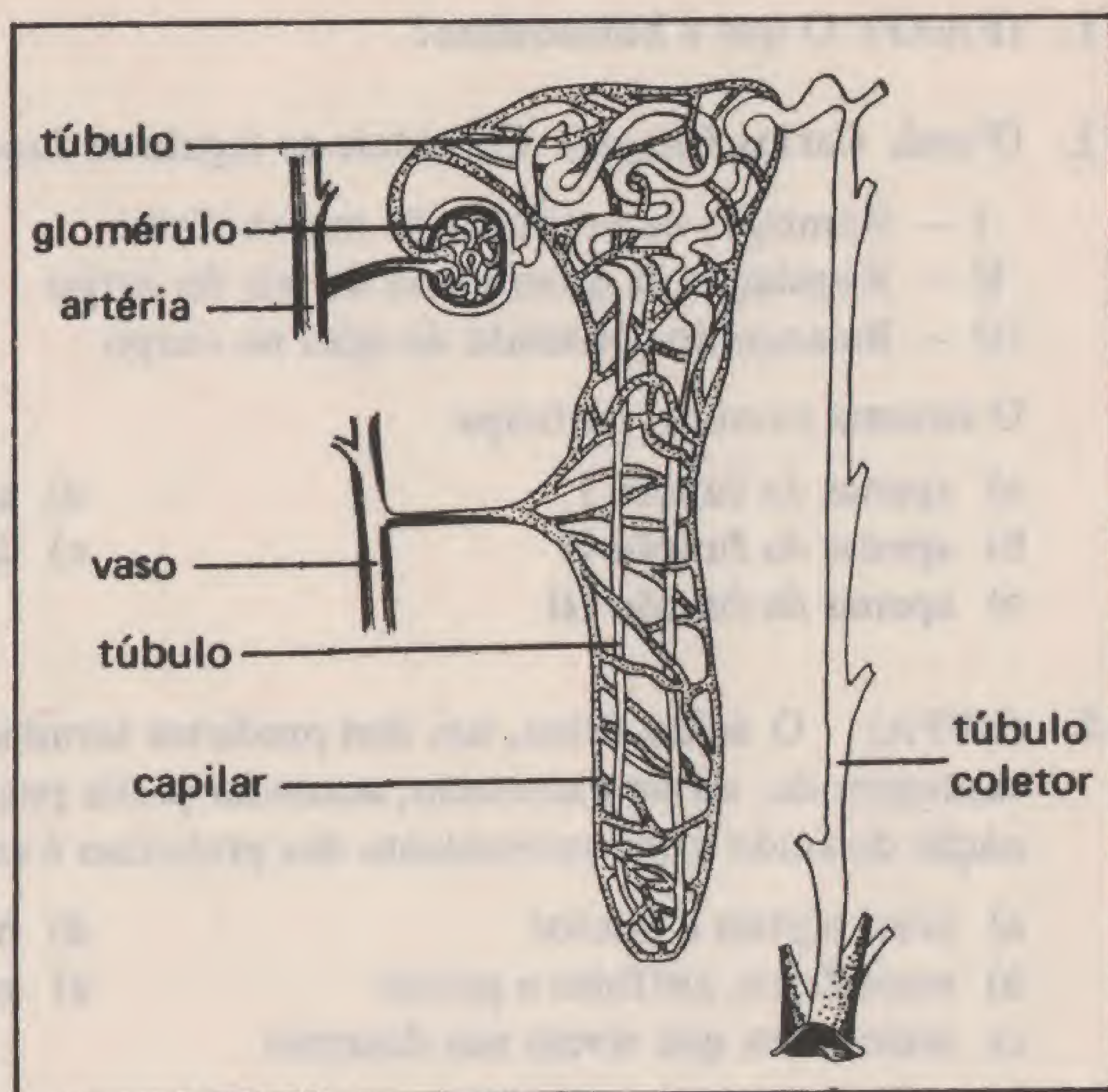
Rim mesônefro

O *metânefro* situa-se na parte posterior da cavidade abdominal e não é segmentado. Apresenta apenas túbulos secundários. A artéria renal penetra



nos rins, onde forma glomérulos que são envolvidos pelas cápsulas de Bowmann dos túbulos secundários. O metânefro é o rim funcional de répteis, aves e mamíferos.

O rim humano é do tipo metânefro. Microscopicamente apresenta-se formado por numerosas estruturas afuniladas, com longos tubos enrolados, denominados néfrons. Os *néfrons* são as unidades funcionais dos rins. Em cada rim humano há cerca de um milhão de néfrons. Um néfron apresenta duas partes principais: o glomérulo e o túbulo. O glomérulo é um novelo de capilares, oriundo de ramos da artéria renal. O túbulo inicia-se pela



O néfron

cápsula de Bowmann, que envolve o glomérulo e apresenta três partes: túbulo contornado proximal, alça de Henle e túbulo contornado distal. A alça de Henle tem a forma de U e fica entre os túbulos contornados. Vários túbulos renais desembocam num tubo um pouco maior, denominado coletor.

A urina se forma a partir do sangue que circula sob alta pressão nos capilares glomerulares. A pressão força a passagem de água e substâncias dissolvidas através das paredes capilares. Após a passagem, elas são captadas pela cápsula de Bowmann do túbulo. Dá-se a essa fase o nome de filtração glomerular. Algumas das substâncias filtradas são reabsorvidas pelos túbulos, falando-se, então, em reabsorção tubular. Algumas células das paredes dos túbulos são capazes de retirar substâncias dos capilares que os envolvem e passá-las para a cavidade tubular. Esse processo é denominado secreção ativa. A urina formada é a parte do filtrado glomerular que não foi reabsorvida pelos túbulos e à qual foram acrescentadas substâncias por secreção ativa.

Ao sair dos rins a urina vai para o meio externo através das chamadas vias urinárias. No homem, assim como nos mamíferos em geral, dos rins partem canais denominados ureteres que se comunicam com uma bexiga urinária. Desta sai um canal único, a uretra que se abre no exterior. Em anfíbios, répteis e aves, os ureteres abrem-se diretamente na cloaca.



### 3. Exercícios

1. (FAAP) O que é homeostase?

2. (Fund. Carlos Chagas) Considere as seguintes funções:

- I – Remoção de produtos do metabolismo.
- II – Regulação da quantidade de sais do corpo.
- III – Balanço do conteúdo de água no corpo.

O sistema excretor participa:

- a) apenas da função I
- b) apenas da função II
- c) apenas da função III
- d) apenas das funções I e III
- e) das funções I, II e III

3. (UFPA) O ácido úrico, um dos produtos terminais do metabolismo das proteínas, tem a vantagem de, ao ser excretado, acarretar perda pequena de água para o organismo. A eliminação de ácido úrico proveniente das proteínas é encontrada nos seguintes animais:

- a) aves, répteis e insetos
- b) mamíferos, anfíbios e peixes
- c) mamíferos que vivem nos desertos
- d) mamíferos aquáticos
- e) anfíbios e peixes

4. Considere as seguintes substâncias:

I. água; II.  $\text{CO}_2$ ; III. amônia; IV. uréia; V. ácido úrico.

São produtos de excreção dos organismos:

- a) I, II, III, IV e V
- b) apenas II, III, IV e V
- c) apenas III, IV e V
- d) apenas III e IV
- e) apenas IV e V

5. (PUCC) Os seguintes animais: rato, pomba, crocodilo, sapo e piranha, quando adultos possuem respectivamente rins do tipo:

- a) metanefro – metanefro – metanefro – metanefro – mesonefro
- b) metanefro – metanefro – mesonefro – mesonefro – pronefro
- c) metanefro – metanefro – metanefro – mesonefro – mesonefro
- d) metanefro – metanefro – mesonefro – mesonefro – mesonefro
- e) n.d.a.

6. (FUNEDUCE) O sistema urinário dos mamíferos está constituído por rins, bexiga urinária, ureteres, bacinete e uretra. O produto de excreção segue o seguinte trajeto:

- a) rins, bexiga, ureteres, bacinetes, uretra
- b) rins, ureteres, bacinetes, bexiga, uretra
- c) rins, bacinetes, ureteres, bexiga, uretra
- d) rins, bacinetes, bexiga, ureteres, uretra

7. (CESESP/PE) A unidade funcional do rim de mamíferos é denominada de:

- a) cálice
- b) néfron
- c) ureter
- d) bexiga
- e) cápsula de Bowmann



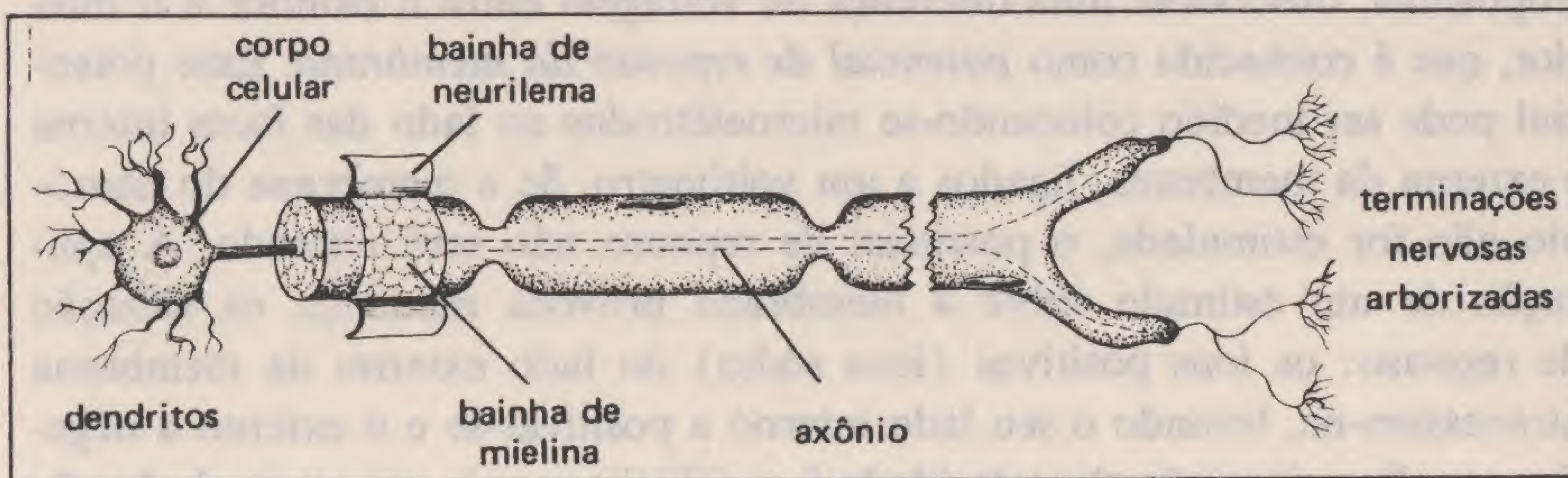
# Sistema Nervoso

## 1. A célula nervosa

Dá-se o nome de *neurônio* à célula nervosa. Um neurônio possui duas partes: corpo celular e prolongamentos, estes constituindo-se em fibras que saem do corpo celular. O corpo celular compreende o núcleo e o citoplasma. Os prolongamentos são de dois tipos: dendritos e axônio. Os *dendritos* são curtos, constituindo-se em simples expansões citoplasmáticas que se estendem a partir do corpo celular. O *axônio*, também denominado cilindro eixo, é um filamento único, constituído por neurofibrilas que emergem do corpo celular envoltas pela membrana plasmática. O axônio tem comprimento variável, desde frações de milímetro a mais de um metro e, apresenta poucos ramos colaterais e arborização terminal.

Além da membrana celular o axônio pode ser revestido por duas bainhas. A bainha interna, denominada *bainha de mielina*, é constituída por substâncias lipídicas e possui cor amarelo-esbranquiçada. Além disso, é periodicamente interrompida por estrangulamentos denominados nódulos de Ranvier. Essa bainha não envolve o axônio nas regiões próximas ao corpo celular. É por isso que na parte central do sistema nervoso podem distinguir-se dois tipos de substâncias: a branca e a cinzenta.

A substância cinzenta é constituída pelos corpos celulares dos neurônios e fibras nervosas sem mielina, enquanto a substância branca possui fibras nervosas mielinizadas. Na substância branca os axônios são, portanto, recobertos por mielina. Nos nervos periféricos, contudo, os axônios são revestidos por uma segunda bainha, a *bainha de neurilema ou de Schwann*, constituída por células achatadas, denominadas células de Schwann.



Fibra nervosa mielinizada

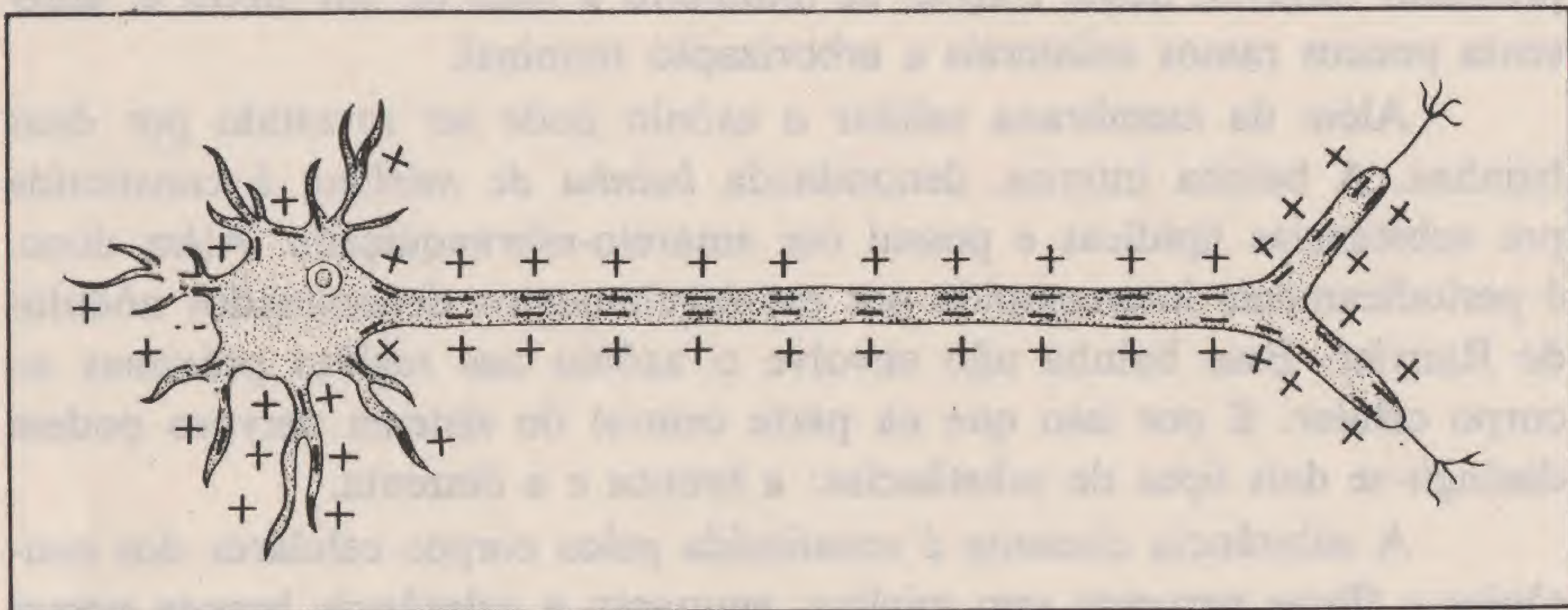


Os neurônios são sustentados por células neurogliais ou células da glia.

## 2. O impulso nervoso

Quando uma extremidade de uma célula nervosa é estimulada, sofre uma série de modificações elétricas e químicas que se propagam ao longo de toda a célula. A essas modificações que se propagam dá-se o nome de *impulso nervoso*.

Para compreendermos a natureza do impulso nervoso, é preciso considerar que num neurônio não estimulado, ou seja, em repouso, há um acúmulo de íons negativos (ânions) na face interna da membrana celular e um acúmulo de igual número de íons positivos (cátions) por fora dela. Essa situação é denominada *polarização*, e dizemos que o neurônio em repouso está polarizado.



Célula nervosa polarizada

Como a face interna da membrana é eletronegativa e a externa eletropositiva, observa-se uma diferença de voltagem entre o exterior e o interior, que é conhecida como *potencial de repouso da membrana*. Esse potencial pode ser medido colocando-se microelétrodos ao lado das faces interna e externa da membrana, ligados a um voltímetro. Se a membrana do neurônio não for estimulada, o potencial de repouso não será alterado. A aplicação de um estímulo sobre a membrana provoca mudança na situação de repouso: os íons positivos (íons sódio) do lado externo da membrana atravessam-na, levando o seu lado interno a positivar-se e o externo a negativar-se. Essa inversão de polaridade é rapidíssima, pois, em cerca de fração de milissegundo, volta-se à situação de repouso pela saída de íons potássio.



Dá-se o nome de *potencial de ação* a essa sucessão de mudanças no potencial de membrana. O potencial de ação apresenta duas etapas separadas: a *despolarização* (quando os íons positivos entram na célula) e a *repolarização* (volta à situação de repouso). O potencial de ação não é, contudo, o impulso nervoso, mas sim a alteração que ocorre quando o impulso passa pela fibra nervosa.

O potencial de ação se propaga. Assim, quando os dendritos de um neurônio são estimulados, surge um potencial de ação que se propaga progressivamente pela fibra, ou seja, gera-se um impulso nervoso. O impulso nervoso é, pois, uma onda de despolarização que percorre a fibra nervosa. Note-se que o impulso nervoso propaga-se num só sentido: inicia-se nos dendritos, passa pelo corpo celular e sai pelo axônio.

### 3. A sinapse

Entre as células nervosas, observam-se conexões que permitem a passagem do impulso nervoso de uma à outra, denominadas sinapses. A *sinapse*, em geral, se estabelece entre o axônio de um neurônio e os dendritos do neurônio seguinte. Verifica-se que entre elas há um espaço da ordem de 200 Å de largura. A existência desse espaço impede que o impulso nervoso passe diretamente de um neurônio a outro.

Sabe-se que na sinapse a transmissão do impulso nervoso se faz por meio da liberação de uma substância química, a *acetilcolina*. Esta, liberada pelas terminações nervosas do axônio de um neurônio, provoca a despolarização do dendrito do neurônio seguinte. A acetilcolina não age somente na transmissão do impulso de um neurônio a outro. Atua também na transmissão de um neurônio a um músculo, ou ainda, a uma célula glandular.

A transmissão do impulso na sinapse processa-se unicamente no sentido axônio-neurônio e nunca em sentido inverso.

### 4. Sistema nervoso nos vertebrados

O sistema nervoso nos vertebrados é dividido anatomicamente em central e periférico. O central compreende o encéfalo e a medula espinhal. O periférico é constituído pelos nervos. Os sistemas central e periférico relacionam-se com as atividades voluntárias, ou seja, aquelas que dependem do controle da vontade. Uma parte do sistema nervoso periférico, contudo, denominada sistema nervoso autônomo, não está sujeita ao controle da



vontade. O sistema nervoso autônomo se divide em simpático e parassimpático, cujos efeitos são antagônicos.

O simpático acelera os batimentos cardíacos, provoca a dilatação da pupila, inibe os movimentos peristálticos etc. O parassimpático provoca efeitos opostos: retarda os batimentos cardíacos, fecha a pupila, acelera os movimentos peristálticos etc.

Encéfalo e medula são protegidos, respectivamente, pelo crânio e pela coluna vertebral, em cujos interiores se situam. São ainda envolvidos por membranas protetoras denominadas meninges. Há três meninges que, de fora para dentro, são: dura-máter, aracnóide e pia-máter. Entre a aracnóide e a pia-máter, circula um líquido denominado cefalorraquidiano ou líquor. Esse líquido também circula em cavidades encefálicas denominadas ventrículos.

O *encéfalo* de qualquer vertebrado apresenta-se, após o nascimento, constituído por: telencéfalo (cérebro), diencéfalo (contém o hipotálamo), mesencéfalo, metencéfalo (cerebelo) e mielencéfalo (bulbo raquidiano).

O *cérebro* apresenta-se dividido em dois hemisférios cerebrais: o direito e o esquerdo. Nos mamíferos, a parte externa do cérebro, constituída por substância cinzenta, é denominada córtex cerebral. No homem, o córtex cerebral está relacionado com a percepção consciente, associação e pensamento. O *hipotálamo* interfere no automotismo muscular, funções viscerais e endócrinas, manutenção dos equilíbrios hídrico e térmico, estados emocionais, sono, vigília etc. O *cerebelo* é responsável pela coordenação de movimentos. Controla as contrações da musculatura esquelética, fazendo-a funcionar simérgica e harmonicamente. No *bulbo raquidiano* encontram-se centros nervosos que regulam a respiração, os batimentos cardíacos e a pressão arterial.

A *medula espinhal* é um cilindro de fibras nervosas que começa na base do encéfalo e vai até a região terminal do dorso. Na medula, ao contrário do encéfalo, a substância cinzenta é interna e a branca, externa. Num corte transversal da medula, observa-se que a substância cinzenta tem a forma de um H, em cujo centro há um canal, o epêndima. O H medular apresenta duas colunas anteriores e duas colunas posteriores. Nas anteriores localizam-se os corpos celulares dos neurônios cujos axônios são longos e levam impulsos à periferia. Esses impulsos são recebidos de outras partes do eixo nervoso como os impulsos originados do encéfalo. Nas colunas posteriores encontram-se neurônios que estabelecem sinapses com fibras que trazem informações da periferia ao sistema nervoso central.



As vias que trazem informações ao sistema nervoso central são denominadas *aferentes* ou *sensitivas*. Estas informações chegam à medula e daí são enviadas ao encéfalo que organiza respostas. Estas respostas chegando à medula são levadas à periferia por vias *eferentes* ou *motoras*.

Eventualmente, a resposta pode ser elaborada na própria medula, graças a neurônios de associação que conectam diretamente as vias aferentes e eferentes. Nesse caso, falamos em *reflexo*. Reflexos são atos de caráter involuntário que resultam da estimulação de um órgão. Dá-se o nome de *arco reflexo* ao conjunto de neurônios necessários à execução de um ato reflexo. Do reflexo patelar, que consiste na extensão da perna quando se dá uma leve pancada no tendão do músculo quadríceps, participam apenas dois neurônios: um aferente, sensorial, que traz a informação à medula, e outro eferente, motor, que leva a resposta e provoca movimento.

*Nervos* são feixes de fibras nervosas. Num nervo encontram-se centenas ou milhares de axônios, cada um pertencente a um neurônio diferente. Há nervos sensitivos, motores e mistos. Os sensitivos são os que possuem fibras aferentes e, portanto, conduzem impulsos da periferia ao sistema nervoso central. Os motores possuem fibras nervosas eferentes e levam impulsos do sistema nervoso central às partes periféricas. Um nervo é misto quando possui fibras aferentes e eferentes.

Em conjunto, os nervos formam o sistema nervoso periférico. Os nervos são divididos em cranianos e raquidianos. Um nervo é craniano quando está ligado ao encéfalo e raquidiano quando está ligado à medula. Em peixes e anfíbios, há dez pares de nervos cranianos. Répteis, aves e mamíferos possuem doze pares de nervos cranianos.

## 5. Exercícios

### 1. (FESP) Os dendritos:

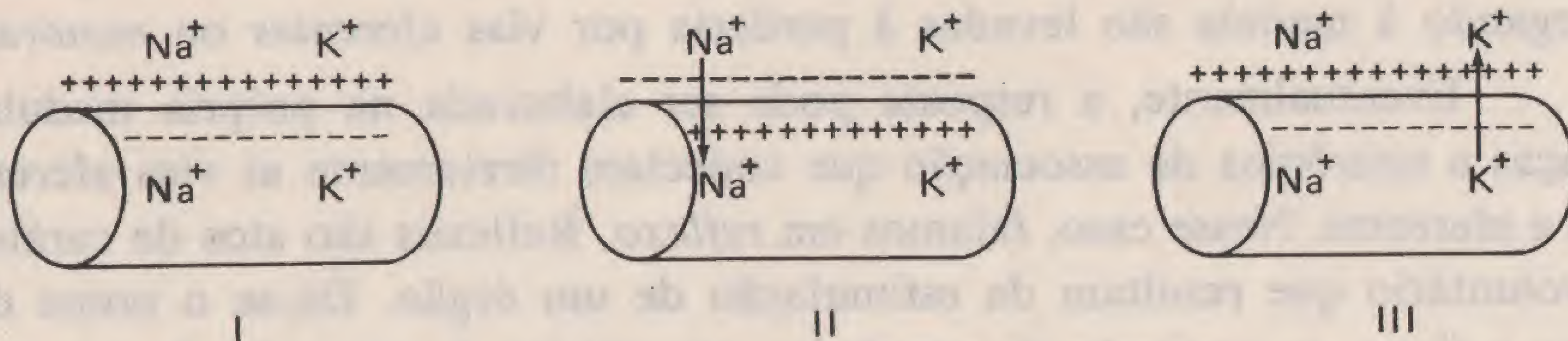
- a) transmitem o impulso para outras células nervosas ou para órgãos efetores
- b) nascem do corpo celular por uma região piramidal
- c) são células em cujas terminações há liberação de mediadores químicos responsáveis pelas sinapses
- d) são prolongamentos dos neurônios que conduzem o impulso nervoso para o corpo celular
- e) contêm no seu interior axoplasma

### 2. (PUCC) A transmissão do estímulo, ao nível da placa motora, do nervo para o músculo, é explicada por:

- a) indução magnético-química
- b) indução eletrostática
- c) indução magnética
- d) indução química
- e) n.d.a.



3. (Mogi) Observe os esquemas.



Assinale a alternativa incorreta:

- No esquema I, o axônio está em repouso e polarizado.
  - Em II, o axônio é estimulado e, conseqüentemente, despolarizado.
  - Em III, houve recomposição do axônio.
  - A concentração dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  dentro e fora da célula, no esquema III, está incorreta.
  - O esquema III está correto; mais tarde, a bomba de Na e a migração de íons  $\text{K}^+$  para o interior restauram a distribuição original de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , conforme ilustra o esquema I.
4. (FAAP) Qual é a base estrutural e funcional do sistema nervoso?
5. (PUCC) Quando um estímulo nervoso caminha pelo axônio, observa-se:
- que, logo após a passagem do estímulo, cessa o aumento de permeabilidade, e volta o interior do axônio a ficar positivo, restabelecendo-se o equilíbrio
  - um aumento da permeabilidade da membrana, provocando intensa saída de íons sódio, com inversão de potencial (positivo para dentro e negativo para fora)
  - um aumento da permeabilidade da membrana, provocando intensa saída de íons sódio, com inversão de potencial (positivo para fora e negativo para dentro)
  - um maior acúmulo de íons negativos, fora do axônio em relação ao seu interior, o que equivale a uma diferença de potencial ao redor de 70 volts
  - n.d.a.
6. (UFPE) As fibras nervosas sensitivas são:
- aferentes e conduzem o impulso do centro nervoso à periferia
  - eferentes e conduzem o impulso ao sistema nervoso central
  - aferentes e conduzem o impulso ao sistema nervoso central
  - eferentes e conduzem o impulso do centro nervoso à periferia
  - aferentes e eferentes
7. O encéfalo e a medula formam o sistema nervoso:
- simpático
  - periférico
  - autônomo
  - central
  - parassimpático



1. A botanical diagram

2. The diagram is a botanical diagram of a plant. It shows the root system, the stem, the leaves, and the flowers. The diagram is a botanical diagram of a plant.

3. The diagram is a botanical diagram of a plant.

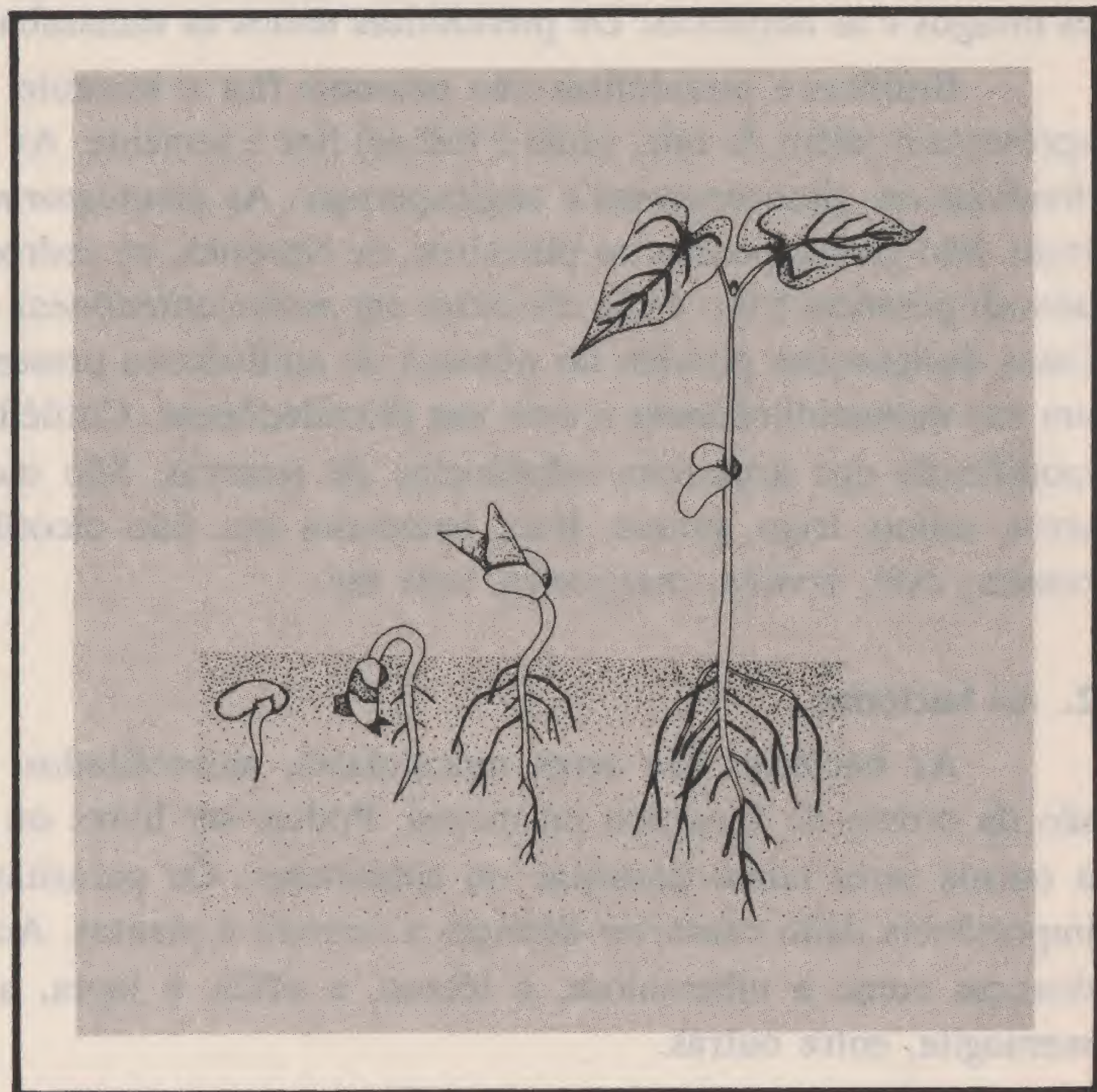
4. The diagram is a botanical diagram of a plant. It shows the root system, the stem, the leaves, and the flowers. The diagram is a botanical diagram of a plant.

5. The diagram is a botanical diagram of a plant.

6. The diagram is a botanical diagram of a plant. It shows the root system, the stem, the leaves, and the flowers. The diagram is a botanical diagram of a plant.

## BOTÂNICA

# 4





# Os Grupos Vegetais

---

## 1. A classificação vegetal

A Botânica é a ciência que estuda os vegetais. Costuma-se dividir o reino vegetal em dois sub-reinos, o das talófitas e o das cormófitas.

### a) Sub-reino Talófitas

São vegetais uni ou pluricelulares que não possuem raiz, caule e folhas. São talófitas as *bactérias*, as *algas*, os *fungos* e os *liquens*.

### b) Sub-reino Cormófitas

São vegetais que possuem raiz, caule e folhas. São cormófitas as *briófitas*, as *pteridófitas* e as *fanerógamas*. Como exemplo de briófitas temos os musgos e as hepáticas. De pteridófitas temos as samambaias e as avencas.

Briófitas e pteridófitas não possuem flor e semente. As fanerógamas apresentam (além de raiz, caule e folhas) flor e semente. As fanerógamas são divididas em gimnospermas e angiospermas. As *gimnospermas* não possuem fruto. São gimnospermas os pinheiros, os ciprestes, os cedros etc. As *angiospermas* possuem fruto e são divididas em *monocotiledôneas* e *dicotiledôneas*. Essas designações provêm do número de cotilédones presentes na semente: um nas monocotiledôneas e dois nas dicotiledôneas. Cotilédone é uma folha modificada que armazena substâncias de reservas. São monocotiledôneas: arroz, milho, trigo, grama, lírio, bananeira etc. São dicotiledôneas: feijão, roseira, café, ervilha, mangueira, soja etc.

## 2. As bactérias

As bactérias são seres unicelulares, aclorofilados. Suas dimensões são da ordem de 1 micron ou menos. Podem ser livres ou estar associadas a outros seres como parasitas ou simbiontes. Os parasitas são de grande importância dado causarem doenças a animais e plantas. Ao homem causam doenças como a tuberculose, o tétano, a sífilis, a lepra, a pneumonia e a meningite, entre outras.

Industrialmente, as bactérias são utilizadas na produção de certos



antibióticos e fermentações como a láctica (produção de coalhada) e a acética (produção de vinagre).

### *Estrutura bacteriana*

A célula bacteriana apresenta-se revestida externamente por uma parede celular que, quimicamente, contém polissacarídeos, proteínas e lipídios. Externamente pode haver uma cápsula protetora constituída por carboidratos. A cápsula é mais freqüente em bactérias que causam doenças.

Internamente à parede celular está a membrana plasmática que é lipoprotéica. No citoplasma não há órgãos membranosos como o retículo endoplasmático, as mitocôndrias e o complexo de Golgi. Há numerosos ribossomos. A membrana plasmática apresenta uma invaginação, o mesossomo, onde estão as enzimas da cadeia respiratória.

As bactérias não possuem carioteca e por isso são denominadas procariotas. O cromossomo bacteriano tem a forma de um anel e é constituído por uma molécula de DNA ligada a proteínas. Muitas bactérias são móveis, apresentando flagelos constituídos somente por proteínas.

### *Nutrição, classificação, reprodução*

Quanto à *nutrição*, as bactérias podem ser autótrofas e heterótrofas. As autótrofas são as que realizam a fotossíntese e a quimiossíntese. As fotossintetizantes possuem um pigmento semelhante à clorofila, denominado bacterioclorofila. Na quimiossíntese, a energia é obtida para a síntese de compostos orgânicos, oxidando-se determinadas substâncias orgânicas.

A *classificação* é baseada na forma e coloração das bactérias. São formas básicas: a esférica (coco), a em bastonete (bacilo), a espiralada (espirilos) e a em vírgula (vibriões). Uma colônia de cocos dispostos desordenadamente recebe o nome de estafilococos. Uma colônia de cocos em fileira constitui os estreptococos. Uma colônia cúbica de cocos é denominada sarcina. O método usual de coloração de bactérias é o de Gram. Consiste em tratá-las com violeta de genciana e iodo. Em seguida acrescenta-se álcool que faz com que algumas bactérias percam a coloração adquirida e outras não. As que não perdem a coloração são ditas Gram-positivas e as que perdem, Gram-negativas.

A *reprodução* das bactérias pode ser assexuada e sexuada. A assexuada é por bipartição ou divisão binária. A sexuada se faz por conjugação e transdução. A conjugação consiste na transferência de parte do material



genético de uma bactéria para outra. A transdução consiste na transmissão de parte do material genético de uma bactéria para outra através de vírus denominados bacteriófagos. Estes vírus parasitam e destroem bactérias.

### 3. As algas

As algas são talófitas, vegetais cujo corpo é um talo e portanto não apresenta raiz, caule e folhas. Encontram-se entre as algas espécies unicelulares como as que fazem parte do plâncton marinho. Há contudo espécies pluricelulares que chegam a formar talos com dezenas de metros de comprimento.

A maioria das algas é aquática mas também podem ser encontradas em terra úmida, lodo e sobre cascas de árvores. Além de espécies de vida livre encontram-se algas associadas a fungos, formando os líquens, e a animais como a hidra, sendo então chamadas Zooclorelas ou Zooxantelas.

As algas possuem o pigmento clorofila e por isso são capazes de fazer fotossíntese. Essa função lhes permite a produção de compostos orgânicos ricos em energia, que se constituem na base alimentar da vida aquática. As algas planctônicas (flutuantes), além de servirem como alimento a muitos animais, são responsáveis pela realização de cerca de 90% da fotossíntese na Terra.

Além das clorofilas a e b as algas possuem outros pigmentos: ficoeritrina, caroteno, xantofila etc. É a predominância de um desses pigmentos que dá cor à alga, daí falar-se em algas verdes (clorofíceas), azuis (ciano-fíceas), vermelhas (rodofíceas), pardas (feofíceas) etc.

#### *A célula das algas*

A célula das algas apresenta membrana, citoplasma e núcleo. Externamente há a parede celular constituída por celulose e pectina, podendo ser impregnada por sílica e carbonato de cálcio. A membrana plasmática é lipoprotéica. Em algas unicelulares podem existir cílios ou flagelos para a locomoção.

No citoplasma encontram-se ribossomos, retículo endoplasmático, mitocôndrias, lisossomos e cloroplastos. Há também substâncias de reserva como amido, manitol, óleos, gorduras etc. O núcleo é bem diferenciado e delimitado por carioteca, sendo por isso as algas ditas eucarióticas. As algas azuis não possuem núcleo diferenciado (procarióticas) e nem plastos.



## Reprodução

A reprodução pode ser assexuada e sexuada. A assexuada pode ser por cissiparidade (divisão binária), fragmentação, e por esporos móveis (zoósporos) e imóveis (aplanósporos). Os esporos são produzidos por órgãos, os esporângios, que se distribuem na superfície dos talos.

Na reprodução sexuada há produção de gametas por órgãos denominados gametângios. Há três processos: isogamia, heterogamia e oogamia. Na *isogamia* os gametas masculino e feminino são iguais em forma, tamanho e comportamento, ambos possuindo motilidade. Na *heterogamia* os gametas diferem em tamanho mas são ambos flagelados. Na *oogamia* um dos gametas é imóvel (oosfera) mas o outro, masculino, é pequeno, flagelado e móvel (anterozóide).

Há algas que possuem talos haplóides e por isso são ditas haplontes. Outras são denominadas diplontes por terem talos diplóides. Outras ainda possuem dois tipos de talo, o haplóide e o diplóide. O talo diplóide denominado esporofítico, produz, assexuadamente, esporos haplóides. Estes dão origem ao talo haplóide, denominado gametofítico. Este se reproduz sexualmente e produz gametas que, pela fecundação, produzem o talo haplóide. Esse ciclo reprodutivo, em que se alternam reprodução assexuada e sexuada é denominado metagênese ou alternância de gerações.

## 4. Os fungos

Cogumelos, bolores, leveduras, champignons, orelha-de-pau etc, são fungos. São vegetais *aclorofilados* e *heterótrofos*. Podem ter vida livre ou estar associados a outros seres. Os de vida livre são encontrados na terra e na água, raramente no ar. Os associados vivem como saprófitas e parasitas. Os parasitas afetam animais, vegetais e o homem, causando doenças. Os saprófitas vivem sobre restos de vegetais em decomposição e animais mortos. Há fungos que se associam a algas azuis formando os líquens.

Os fungos apresentam algumas características que os diferem de outros seres. São, como dissemos, aclorofilados. Além disso, reservam glicogênio, suas paredes celulares são de quitina e não de celulose e suas células podem apresentar centríolos.

As espécies mais simples de fungos são unicelulares. Contudo, a maioria apresenta-se constituída por filamentos denominados *hifas*. Um conjunto de hifas forma o *micélio*. Os micélios podem formar sistemas



ramificados, difusos, ou organizar-se em talos. As hifas que constituem o micélio não possuem entre si paredes celulares comuns. Por isso, os micélios não se constituem em tecidos verdadeiros.

As hifas podem ser cenocíticas e uni ou dicarióticas. As *cenocíticas*, encontradas em fungos inferiores, não apresentam septos transversais separando uma célula da outra. Por isso, os núcleos ficam mergulhados numa massa citoplasmática comum. As *uni* ou *dicarióticas* são constituídas por células separadas por septos transversais, possuindo, respectivamente, um ou dois núcleos. São encontradas em fungos superiores.

### Classificação

Os fungos são repartidos em cinco classes: oomicetos, zigomicetos, ascomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos.

Entre os *oomicetos* há parasitas importantes: *Plasmopara cactorum* que provoca o apodrecimento de maçãs e peras; *Phytophthora infestans*, causador da ferrugem da batata etc. Um importante *zigomiceto* é o *Rhizopus stolonifer*, conhecido como bolor negro do pão, frutas e outras matérias orgânicas. São *ascomicetos* o *Saccharomyces cerevisiae*, utilizado em fermentações alcoólicas, fungos do gênero *Morchella* que são comestíveis, os do gênero *Penicillium* do qual se obtém a penicilina, além dos causadores de doenças como a ferrugem do castanheiro, o enrugamento da folha do pessegueiro etc. Os *basidiomicetos* incluem fungos causadores das doenças ferrugem e carvão dos vegetais, os cogumelos-de-chapéu e as orelhas-de-pau. É também basidiomiceto o cogumelo *Psilocibe mexicana* que sintetiza o alucinógeno psilocibina.

Os *deuteromicetos* são utilizados na produção de queijos (Roquefort e Camembert) e de antibióticos. Causam também doenças em vegetais, animais e no homem. São as micoses.

### Reprodução

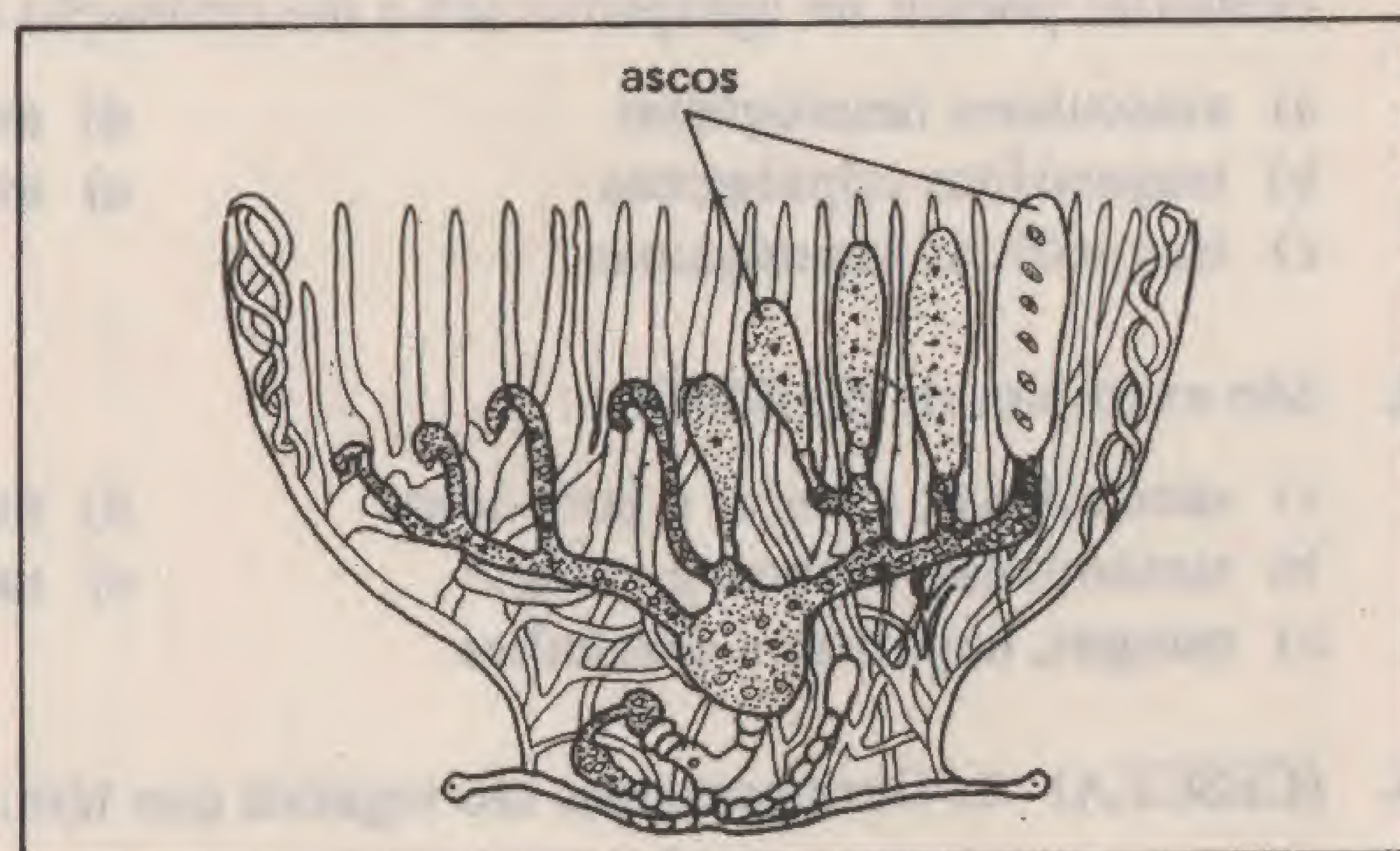
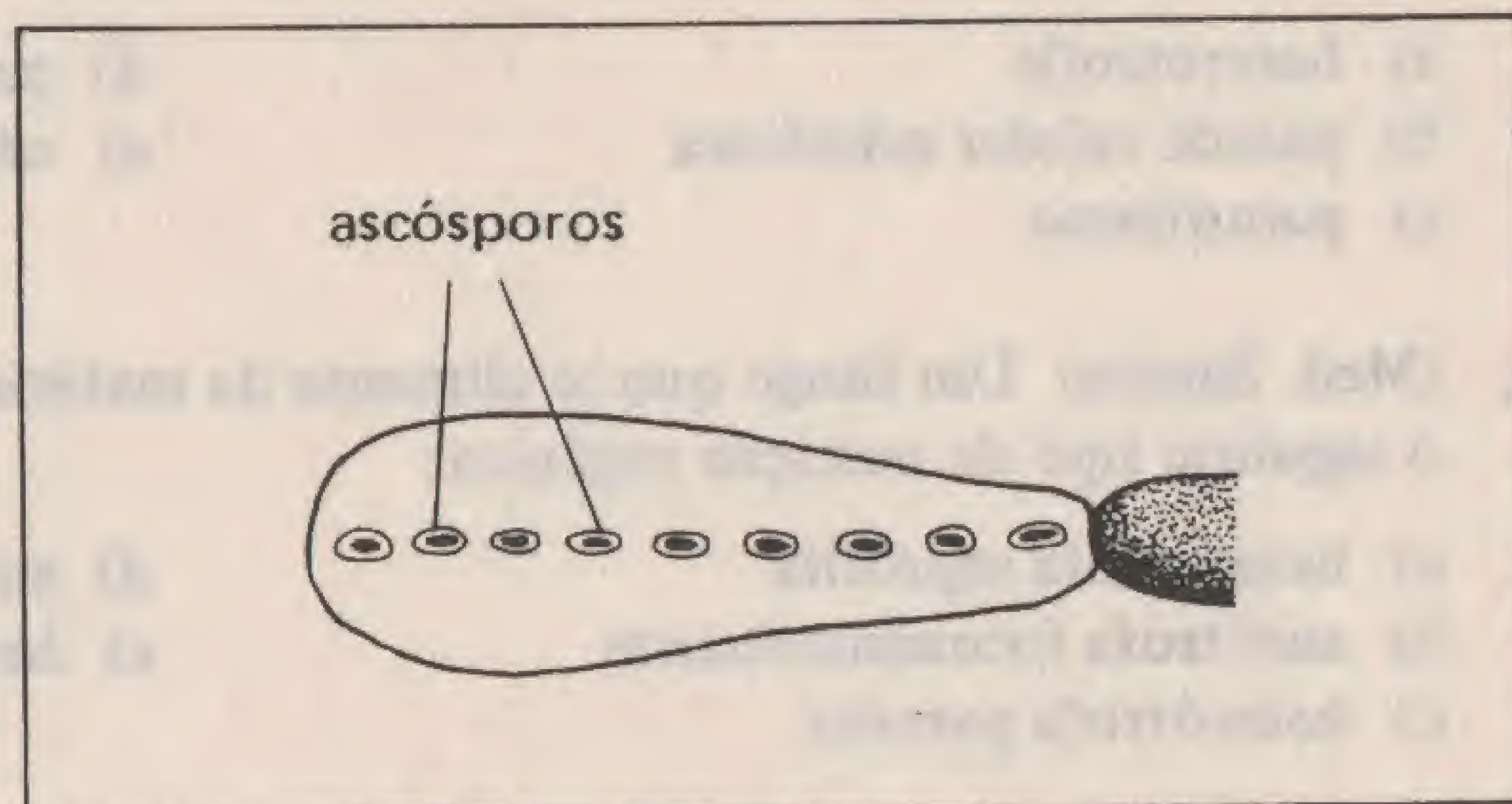
Os fungos apresentam reprodução assexuada e sexuada. A *assexuada* pode ser por cissiparidade, fragmentação, brotamento ou pela produção de esporos. Estes são produzidos em órgãos denominados esporângios, localizados na extremidade de hifas especializadas denominadas esporangióforos.

Na reprodução sexuada observa-se a existência de gametângios que podem ser iguais ou distintos. Quando distintos, o gametângio masculino



é chamado anterídio e o feminino, oogônio. A reprodução se inicia com a fusão de hifas sexualmente distintas. Há inicialmente fusão do citoplasma (plasmogamia) e depois união dos núcleos (cariogamia). Forma-se o zigoto que por meiose dá origem a esporos sexuais haplóides. Estes, germinando, dão origem a hifas vegetativas unicarióticas.

Nos ascomicetos, por exemplo, o gametângio feminino é denominado ascogônio. Este é fertilizado pelo anterídio. Há plasmogamia e depois cariogamia, formando-se um núcleo diplóide na extremidade da hifa. Este núcleo, por meiose, dá origem a quatro núcleos haplóides. Estes, por mitose, originam oito núcleos haplóides. Cada um destes retém citoplasma e é envolvido por membrana, passando a ser esporos sexuais denominados ascósporos. Os ascósporos ficam no interior do asco que tem a forma de um saco. Um conjunto de ascos é denominado ascocarpo ou corpo de frutificação. Este pode conter hifas estéreis, as paráfises. Ao conjunto de asco e paráfises dá-se o nome de himênio.



Ascocarpo

## 5. Os líquens

Líquens são organismos formados pela associação, do tipo mutualismo, entre algas e fungos. As algas (azuis e verdes) produzem compostos orgânicos (pela fotossíntese), cedendo-os aos fungos. Os fungos (em geral ascomicetos) absorvem água e a cedem às algas.

Os líquens são encontrados sobre troncos de árvores, rochas e no solo. Como exemplos, temos *Cora montana* que cresce sobre rochas e em barrancos e *Usnea barbata* (barba-de-velho) que cresce sobre árvores.

A reprodução dos líquens é assexuada e se faz por sorédios. Estes são formados por grupos de algas envoltas por algumas hifas de fungos. Os



sorédios são transportados pelo vento e desenvolvem-se ao alcançar um lugar favorável.

## 6. Exercícios

1. (Med. CESCEA) A característica comum a todos os fungos é:

- a) heterotrofia
- b) parede celular celulósica
- c) parasitismo
- d) patogenicidade
- e) não sei

2. (Med. Santos) Um fungo que se alimenta de matéria orgânica em decomposição representa o seguinte tipo de nutrição orgânica:

- a) heterótrofa saprófita
- b) autótrofa fotossintetizante
- c) heterótrofa parasita
- d) autótrofa quimiossintetizante
- e) heterótrofa simbiote

3. Os vegetais que *não possuem* tecidos de condução diferenciados e órgãos de reprodução evidentes podem ser agrupados sob a denominação de:

- a) avasculares fanerógamas
- b) traqueófitas criptógamas
- c) traqueófitas fanerógamas
- d) avasculares criptógamas
- e) avasculares heterótrofas

4. São exemplos de pteridófitas:

- a) samambaias, avencas e lycopódios
- b) samambaias, avencas e musgos
- c) musgos, hepáticas e cavalinhas
- d) musgos, hepáticas e antóceros
- e) samambaias, musgos e hepáticas

5. (CESCEA) As Gimnospermas são vegetais que têm:

- a) raiz, caule, folha, flor, fruto e semente
- b) raiz, caule, folha, flor e semente
- c) apenas raiz, caule, folha e semente
- d) apenas raiz, caule e folhas

6. São exemplos de fanerógamas:

- a) algas e fungos
- b) algas e angiospermas
- c) algas e gimnospermas
- d) pteridófitas, angiospermas e gimnospermas
- e) gimnospermas e angiospermas

7. (FUVEST) Grama, musgo, pinheiro, avenca e bolor constituem, respectivamente, exemplos dos seguintes grupos:

- a) angiospermas, fungos, coníferas pteridófitas e musgos
- b) monocotiledôneas, pteridófitas, angiospermas, briófitas e fungos
- c) monocotiledôneas, briófitas, gimnospermas, pteridófitas e fungos
- d) dicotiledôneas, briófitas, gimnospermas, pteridófitas e algas
- e) dicotiledôneas, hepáticas, espermatófitas, briófitas e cianofíceas



8. (UFPA) As algas azul-esverdeadas são consideradas seres procariotas porque:
- a) não apresentam cromatina
  - b) não possuem clorofila e sim ficocianina
  - c) não possuem núcleo individualizado
  - d) apresentam estrutura cenocítica
  - e) não possuem parede celular
9. (FUVEST) Nas Cianofíceas não se conhece nenhum processo de reprodução sexuada. Nesse grupo a variabilidade genética é causada especialmente por:
- a) recombinação genética
  - b) mutação
  - c) permutação
  - d) conjugação
  - e) cruzamento seletivo
10. (Santa Casa) Quando se lê:
- “As bactérias e as cianofíceas são seres Procariontes, isto é, desprovidos de núcleo diferenciado” deve-se concluir corretamente que:
- a) tal afirmação é absurda; isso é válido para as algas azuis apenas
  - b) tais organismos não devem possuir ADN
  - c) não ocorrem fenômenos de sexualidade em nenhum desses organismos
  - d) seu material genético está disperso no citoplasma
  - e) tais organismos, para se reproduzirem, precisam estar em parasitismo obrigatório
11. (Med. PUCC) Não é característico das algas verdes:
- a) alimento armazenado como gordura
  - b) núcleo individualizado
  - c) clorofila presente em cloroplastos distintos
  - d) membrana de celulose
  - e) flagelo
12. (UFPA) Os vegetais do grupo dos fungos, de acordo com o tipo de nutrição que apresentam, podem ser classificados como:
- a) autótrofos
  - b) parasitos ou saprófitas
  - c) autótrofos ou parasitos
  - d) saprófitas ou autótrofos
  - e) parasitos
13. (FATEC) Assinale a associação *correta*:
- |    |             |              |             |              |
|----|-------------|--------------|-------------|--------------|
| a) | bactéria    | clorofilada  | autótrofa   | eucariótica  |
| b) | vírus       | aclorofilado | heterótrofo | eucariótico  |
| c) | fungo       | aclorofilado | heterótrofo | eucariótico  |
| d) | protozoário | aclorofilado | autótrofo   | procariótico |
| e) | alga        | clorofilada  | heterótrofa | procariótica |
14. (Mogi) Os sorédios são estruturas que servem à reprodução vegetativa dos (das):
- a) fungos
  - b) líquens
  - c) algas
  - d) musgos
  - e) bactérias



15. (Med. Mogi) O basídio é um tipo de:
- esporângio de algumas Pteridófitas
  - esporângio de alguns fungos
  - esporos de certas algas
  - gametas sem diferenciação morfológica
  - classe de fungos
16. (U. Gama Filho) Que capítulo de um livro de Microbiologia você procuraria para se informar sobre fungos?
- o de imunologia
  - o de protozoologia
  - o de bacteriologia
  - o de virologia
  - o de micologia
17. (PUCC) O LSD (dietilamida do ácido lisérgico), um poderoso alucinógeno, pode ser preparado a partir da ergotamina, um alcalóide extraído do fungo:
- Aspergillus nidulans*
  - Claviceps purpurea*
  - Mucor mucedo*
  - Phytophthora infestans*
  - n.d.a.
18. (FGV) Os líquens são organismos formados por uma simbiose entre:
- algas e briófitas
  - microorganismos de várias procedências
  - algas e fungos
  - diatomáceas e fungos
  - algas e a suberina da casca das árvores
19. (UF Ponta Grossa) O líquen consiste em uma rede organizada de hifas ou filamentos, constituindo um falso parênquima; nas camadas superiores desta rede estão muitos grupos de pequenas algas verdes – clorofíceas – ou, mais raramente, de algas azuis – cianofíceas. Utilizando os conhecimentos adquiridos, assinale a alternativa correta:
- O fungo protege e envolve a alga e fornece água ao substrato – a alga realiza fotossíntese e retira água do fungo.
  - O fungo protege e envolve a alga e absorve água do substrato – a alga realiza fotossíntese e fornece alimento ao fungo.
  - A alga protege e envolve o fungo e absorve água do substrato – o fungo faz fotossíntese e fornece alimento à alga.
  - A alga protege e envolve o fungo e absorve água do substrato – o fungo faz fotossíntese e retira água da alga.
  - n.d.a.



# Briófitas, Pteridófitas e Gimnospermas

## 1. As briófitas

As briófitas são as hepáticas, os musgos e os antóceros. São plantas terrestres que vivem em lugares úmidos. Os musgos em geral crescem sobre rochas, madeiras ou solos úmidos.

As briófitas são criptógamas avasculares. São *criptógamas* por não possuírem órgãos reprodutores evidentes. São *avasculares* por não possuírem vasos condutores de seiva, o que explica o seu pequeno porte.

O corpo vegetativo nas hepáticas é um talo onde não se identificam caule e folhas. É o caso da *Marchantia*, hepática de talo rasteiro, verde, que apresenta ramificações bifurcadas. Os antóceros possuem talos laminares, arredondados, e com lóbulos que crescem rasteiramente. Já os musgos se constituem numa pequena planta com caule e folhas. Não possuem contudo raiz e a absorção de água e sais se faz por rizóides que são filamentos pluricelulares. As hepáticas possuem rizóides unicelulares.

### Reprodução

A reprodução das briófitas se faz por metagênese ou alternância de gerações. Há duas fases de vida: gametófito e esporófito. O gametófito é haplóide, reproduz-se sexuadamente, e tem este nome por produzir gametas. O esporófito é diplóide, reproduz-se assexuadamente, e produz esporos haplóides por meiose. Note-se que nas briófitas o gametófito é a fase mais desenvolvida de vida, predominando sobre o esporófito.

Para exemplificar a reprodução analisaremos o ciclo de vida de um musgo, o *Polytrichum*.

O *Polytrichum* apresenta gametófitos dióicos: identificam-se gametófitos masculino e feminino. No ápice do gametófito masculino localiza-se o genital masculino, denominado *anterídio*. Este, quando maduro, liberta gametas masculinos, os *anterozóides* biflagelados. No ápice do gametófito feminino localiza-se o genital feminino, denominado *arquegônio*. Em seu interior está o gameta feminino, a *oosfera*.

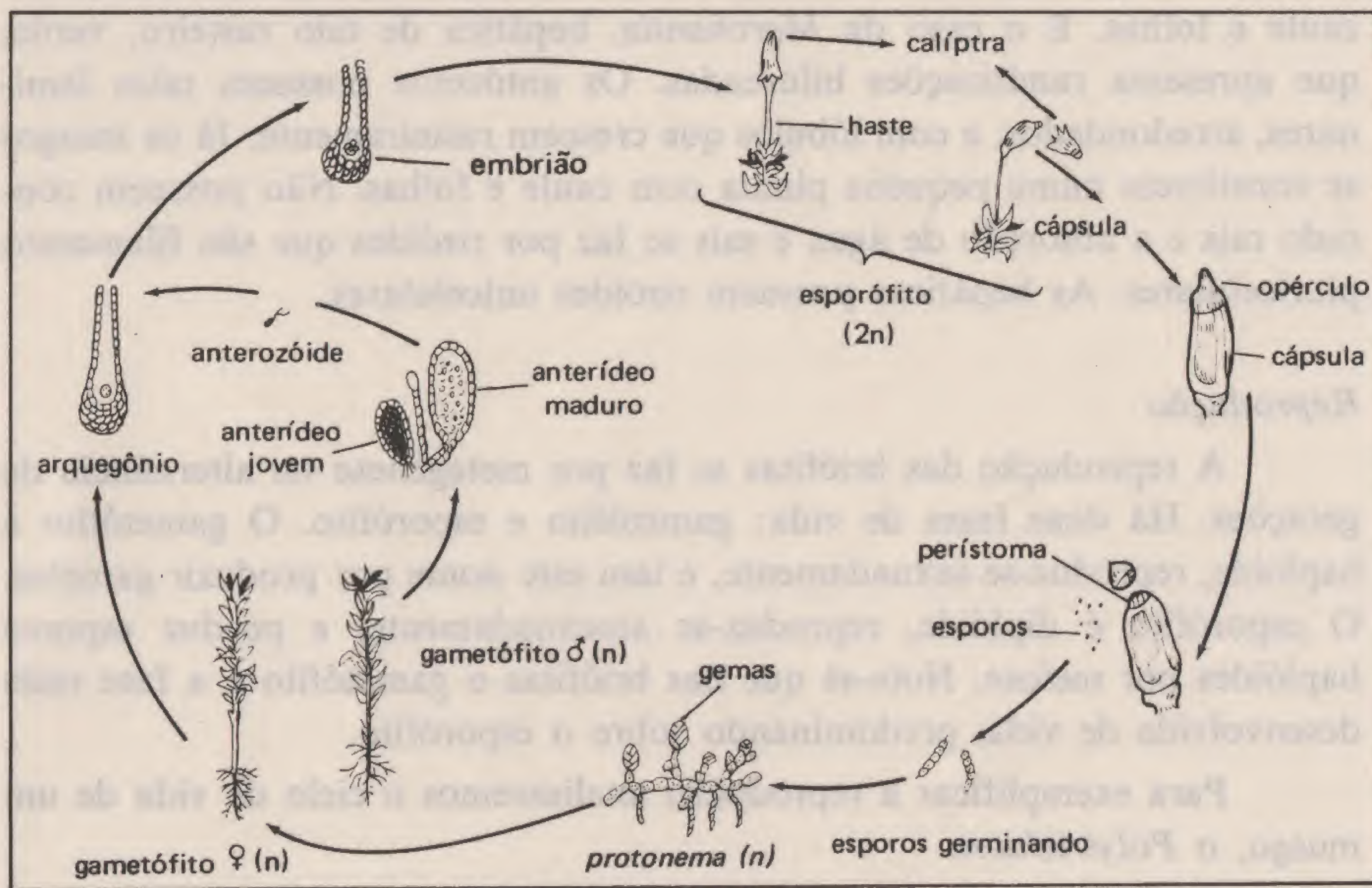
Gotículas de água da chuva ou de orvalho levam os anterozóides até o arquegônio, onde penetram e fecundam a oosfera. Forma-se no inte-



rior do arquegônio o embrião diplóide. Ele se desenvolve e dá origem ao esporófito. Este apresenta-se constituído por uma porção apical, a *cápsula* ou *esporângio*, capaz de produzir esporos.

A cápsula é revestida por uma estrutura haplóide, a *calíptra*, formada por restos do arquegônio. A cápsula está ligada ao gametófito por meio de uma haste ou seta. Note-se portanto que o esporófito desenvolve-se sobre o gametófito, daí dizer-se que o esporófito parasita o gametófito.

Estando o esporófito maduro, solta-se a calíptra. Contudo, a cápsula continua fechada por uma formação denominada *opérculo*. Caindo também este fica exposta a abertura da cápsula denominada *perístoma*. Por aí são liberados os esporos. Estes, caindo em meio adequado, germinam e formam uma estrutura especial, o *protonema haplóide*. O protonema tem estrutura filamentar e dele brotam novos gametófitos masculino e feminino. Não se forma protonema em hepáticas e antóceros.



Polytrichum (ciclo vital)

## 2. As pteridófitas

Plantas como as samambaias, avencas, cavalinhas, licopódios e selaginelas são incluídas no grupo das pteridófitas.

A divisão pteridófitas apresenta três classes principais: *filicíneas* (samambaias e avencas), *licopodíneas* (licopódios e selaginelas) e *eqüisetíneas* (cavalinhas).



As pteridófitas são *criptógamas vasculares*. São criptógamas porque, como as briófitas, não possuem órgãos reprodutores evidentes. São vasculares porque possuem vasos condutores de seiva, o que lhes permite ter maior porte que as plantas avasculares. Reserva-se a designação traqueófitas às plantas vasculares. São traqueófitas as pteridófitas e as fanerógamas (gimnospermas e angiospermas).

O corpo vegetativo nas pteridófitas constitui-se de raiz, caule e folhas. As *raízes* nas pteridófitas são adventícias, ou seja, originam-se endogenamente do caule. Formam um conjunto homogêneo denominado fasciculado ou em cabeleira. O *caule* é do tipo rizoma. Trata-se de caules que se desenvolvem subterraneamente e produzem, de tempos em tempos, ramos aéreos. As *folhas* podem ser simples ou compostas. São simples quando possuem o limbo (lâmina foliar) indiviso. São compostas quando o limbo apresenta-se dividido em lâminas menores, os folíolos.

### Reprodução

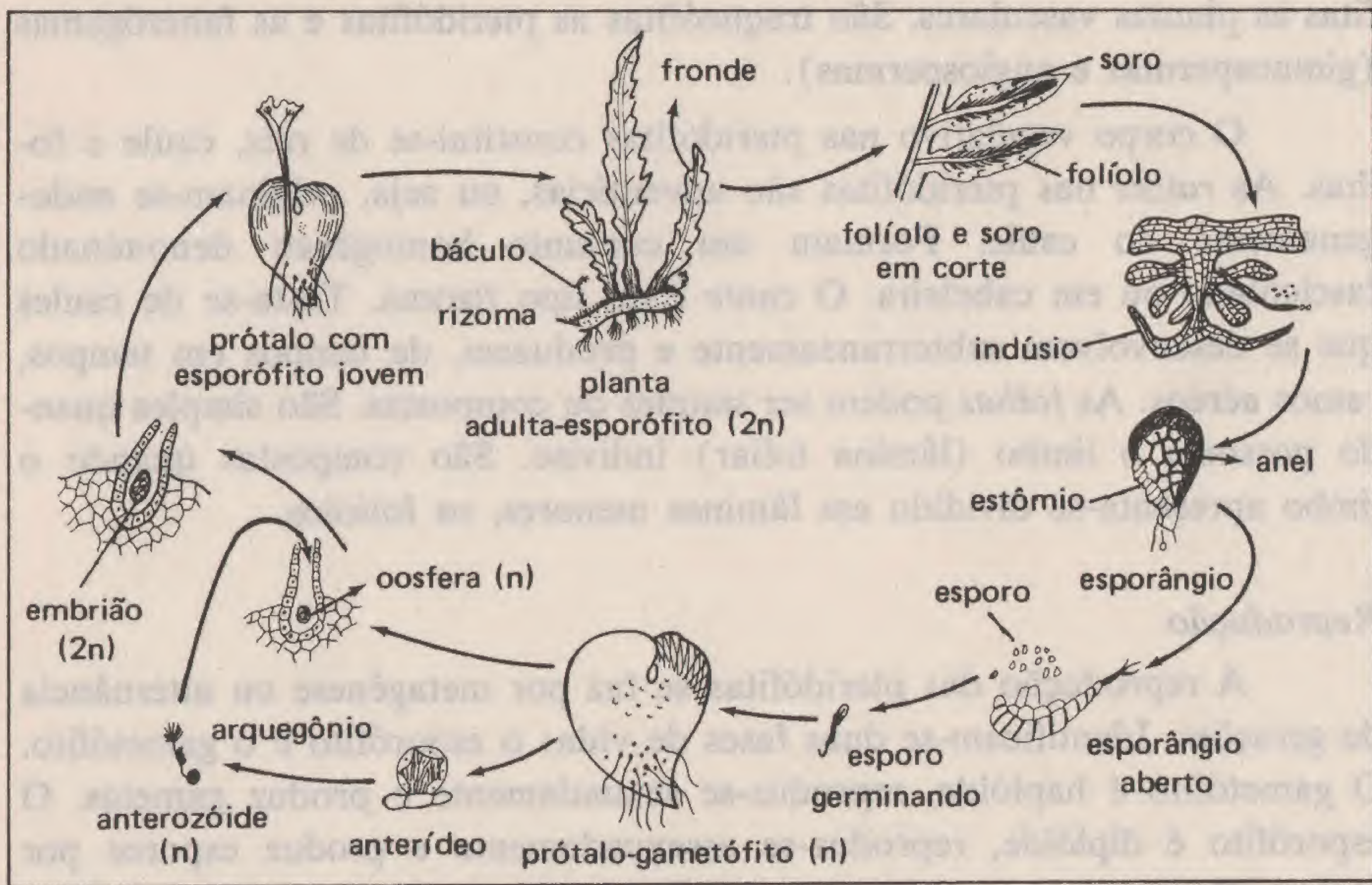
A reprodução das pteridófitas se faz por metagênese ou alternância de gerações. Identificam-se duas fases de vida: o esporófito e o gametófito. O gametófito é haplóide, reproduz-se sexuadamente e produz gametas. O esporófito é diplóide, reproduz-se assexuadamente e produz esporos por meiose. É importante assinalar que nas pteridófitas a planta duradoura (fase mais desenvolvida) é o esporófito.

Para exemplificar a reprodução, estudaremos a *Dryopteris sp*, um tipo de samambaia. O esporófito dessa planta apresenta-se constituído por raiz, caule e folhas. As folhas, quando jovens, são enroladas e denominadas *báculos*. As folhas adultas recebem o nome de *frondes*. Possuem um eixo, chamado ráquis, ao qual se prendem numerosos folíolos. Na face inferior das folhas férteis observam-se formações de cor marrom-escura: são os *soros*. Cada soro é formado por um conjunto de *esporângios* e pode ou não estar envolvido por uma membrana, o *indúcio*.

Envolvendo o esporângio há uma camada de células estéreis. Parte dessas células são delicadas e sem reforços e constituem o estômio do esporângio. A outra parte forma o anel ou *annulus* do esporângio: são células que apresentam reforços de lignina em forma de U. Quando maduros, os esporângios rompem-se na região do estômio. Há liberação de esporos. Estes, caindo no solo em condições adequadas, dão origem ao gametófito ou prótalo monóico. O prótalo tem formato semelhante a um coração e possui clorofila. Além disso tem rizóides e apresenta genitais, anterídio e



arquegônio, que produzem, respectivamente, anterozóides e oosferas. Os anterozóides flagelados nadam até o arquegônio e fecundam a oosfera. Forma-se, pela fecundação, o zigoto que, desenvolvendo-se dá origem a um novo esporófito.



Samambaia (ciclo reprodutivo)

O ciclo que acabamos de estudar é o de uma pteridófito isosporada, ou seja, que produz um único tipo de esporo. Este, ao germinar, dá origem ao gametófito monóico. Outras pteridófitas podem ser heterosporadas, isto é, produzirem esporos diferentes. Estes, germinando, dão origem a gametófitos dióicos. Nesse caso, os esporos maiores são denominados megásporos e são elaborados por megasporângios encontrados em folhas férteis, denominadas megasporófilos. Os esporos menores são chamados micrósporos. São produzidos por microsporângios localizados em microsporófilos. Os megásporos dão origem a gametas femininos, os micrósporos, a gametas masculinos. A *Selaginella* é um exemplo de pteridófito heterosporado.

### 3. As Gimnospermas

As gimnospermas são plantas que apresentam sementes. Esta é a principal característica que as distingue das plantas que estudamos anteriormente.

A semente nas gimnospermas não se encontra no interior de frutos.



Abriga em seu interior o embrião que nada mais é que o estágio jovem de uma planta.

A principal classe de gimnospermas é a das coníferas. São coníferas o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), o cedro verdadeiro (*Cedrus libani*), a sequóia (*Sequoia gigantea*), o cipreste (*Cupressus sp*) etc. O nome coníferas vem do fato de as sementes formarem cones ou pinhas como se pode observar nos pinheiros.

As gimnospermas são fanerógamas, antófitas, traqueófitas, embriófitas e espermatófitas. São fanerógamas porque possuem órgãos reprodutores evidentes; antófitas porque possuem flores; traqueófitas porque apresentam vasos condutores de seiva; embriófitas porque formam embriões; e espermatófitas porque produzem sementes.

O corpo das gimnospermas é formado por raiz, caule, folha, flor e semente. A *raiz* é do tipo *axial* ou *pivotante*, ou seja, existe uma raiz primária mais desenvolvida que as secundárias. O *caule* é do tipo *tronco*, desenvolvido, lenhoso e ramificado. As *folhas* podem ser simples (limbo indiviso) ou compostas. De acordo com o seu formato, classificam-se as folhas em flabeliformes (leque), aciculares (agulha), escamiformes (escamas) etc. As flores estão reunidas em inflorescências denominadas *estróbilos* ou cones. Os estróbilos nascem em ramos curtos e de crescimento limitado, denominados braquioblastos. Há dois tipos de estróbilos: microstróbilos e megastróbilos. Os megastróbilos representam a inflorescência feminina e os microstróbilos a inflorescência masculina. As *sementes* contêm em seu interior o embrião e não estão contidas no interior de frutos.

### Reprodução

Nas gimnospermas o processo reprodutivo é a metagênese ou alternância de gerações. Há duas fases de vida, o esporófito, diplóide, e o gametófito, haplóide. O esporófito é a fase mais desenvolvida de vida. Consideremos um pinheiro (esporófito) adulto. Ele apresenta microstróbilos e megastróbilos.

Os *megastróbilos* são formados por *megasporófilos* (folhas) dispostos de modo espiralado ao redor de um eixo central. Cada megasporófilo apresenta em sua parte superior *megasporângios* protegidos por células que constituem um tegumento. Dá-se o nome de *óvulos* aos megasporângios envoltos por tegumento. Cada óvulo possui no tegumento um orifício denominado *micrópila*. No interior do óvulo um único megasporócito sofre



meiose e dá origem a quatro *megásporos*. Destes, três degeneram, restando apenas um, denominado *megásporo funcional*.

Por sua vez os *microstóbilos* são constituídos por *microsporófilos* também dispostos em espiral ao redor de um eixo central. Cada microsporófilo possui em sua face inferior *microsporângios*. No interior destes encontram-se *microsporócitos* diplóides que, por meiose, darão origem a quatro *micrósporos* haplóides. Em seguida, cada micrósporo sofre diferenciação formando uma estrutura dotada de duas expansões laterais, em forma de asas. Esta estrutura recebe o nome de *grão de pólen* e possui em seu interior duas células, a *célula do tubo* e a *célula generativa*.

Note-se que o grão de pólen transporta o gametófito masculino e o óvulo, o gametófito feminino.

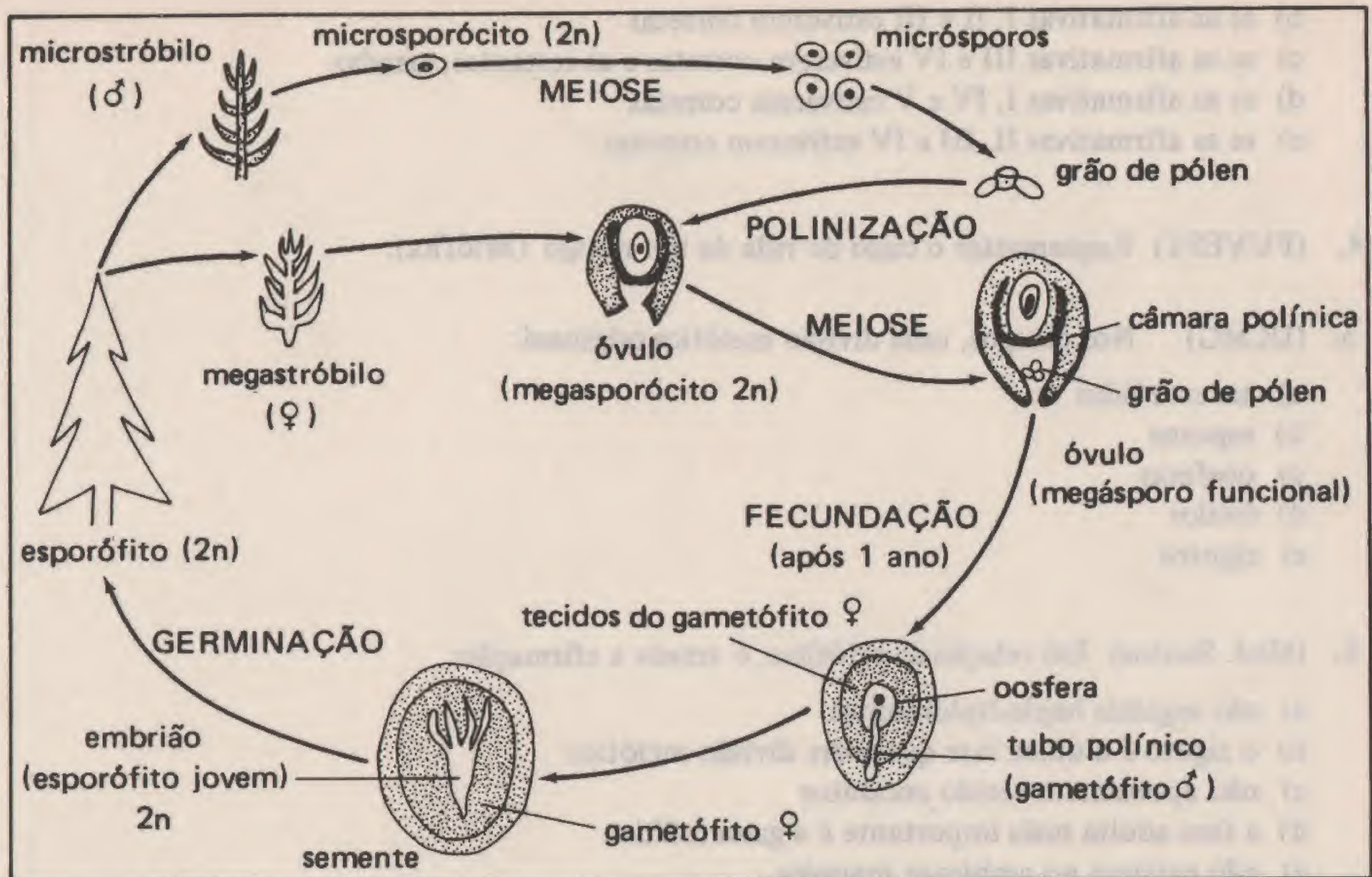
Quando os microsporângios se abrem libertam os grãos de pólen que, por serem alados, são carregados pelo vento. Assim, chegam aos megastrobilos onde penetram em espaços existentes entre os megasporófilos. Entram então em contato com um líquido, denominado *gotícula de polinização*, secretado pela micrópila do óvulo. Caindo nesse líquido, o pólen é arrastado até uma invaginação do megasporângio, a *câmara polínica*. É o que chamamos de *polinização*. É somente após cerca de um ano que o megásporo vai se diferenciar em um ou mais *arquegônios* com *oosferas*.

Quando desaparece a gotícula de germinação os grãos de pólen germinam. O núcleo da célula generativa divide-se formando dois *núcleos espermáticos* e a célula do tubo sofre alongamento formando o *tubo polínico*. O tubo polínico penetra no interior do óvulo até atingir o arquegônio. É pelo tubo polínico que um dos núcleos espermáticos alcança a oosfera, ocorrendo a *fecundação*, originando-se o zigoto ( $2n$ ).

O zigoto, por sucessivas divisões celulares, forma o *embrião* que é o novo esporófito. Concomitantemente, o tegumento do megasporângio torna-se rígido, constituindo o tegumento ou casca da semente. Está pois formada a semente. As sementes, enquanto amadurecem, ficam presas ao megastrobilo. Este aumentou muito de tamanho e é chamado de *cone* ou *pinha*. Uma vez amadurecidas as sementes, elas se desprenderão do estróbilo e, caindo em lugar adequado, germinarão originando um esporófito adulto.

Em *Araucaria* a semente recebe popularmente o nome de pinhão e é comestível.





Ciclo reprodutivo das coníferas

#### 4. Exercícios

- (Franciscanas) Uma planta característica de locais úmidos, geralmente de pequeno porte, não dotada de vasos condutores, com geração gametofítica duradoura, certamente corresponde a uma:
  - pteridófita
  - monocotiledônea
  - briófita
  - gimnosperma
  - n.d.a.
- (Santa Casa) Está errado dizer das Briófitas que elas são plantas:
  - que vivem em ambientes de pouca luminosidade e úmidos
  - abundantes em florestas tropicais
  - que podem ser aquáticas, tanto de água doce como marinha
  - que ocorrem também em locais muito secos, apresentando aí pequena atividade metabólica
  - cuja geração esporofítica é bem distinguível da gametofítica
- (UFPA) Considere as seguintes afirmativas sobre metagênese:
  - Nas briófitas, a fase esporofítica é diplóide.
  - Nas briófitas, os esporângios produzem os gametas.
  - Nos celenterados, as formas tipo medusa se reproduzem por estrobilização.
  - Nos celenterados, as formas tipo pólipos apresentam fecundação interna.
  - Ocorre em todos os protozoários.
  - se apenas a afirmativa I estiver correta



- b) se as afirmativas I, II e III estiverem corretas
- c) se as afirmativas III e IV estiverem corretas e as restantes, erradas
- d) se as afirmativas I, IV e V estiverem corretas
- e) se as afirmativas II, III e IV estiverem corretas

4. (FUVEST) Esquematize o ciclo de vida de um musgo (Briófita).

5. (UCMG) Nos musgos, uma divisão meiótica originará:

- a) anterozóides
- b) esporos
- c) oosferas
- d) óvulos
- e) zigotos

6. (Med. Santos) Em relação às briófitas, é errada a afirmação:

- a) são vegetais haplodiplobiontes
- b) o zigoto é a única fase que sofre divisão meiótica
- c) não apresentam tecido condutor
- d) a fase adulta mais importante é a gametofítica
- e) não existem no ambiente marinho

7. (Med. Santos) Quando falamos em esporófito, estamos nos referindo a:

- a) uma bela samambaia de metro
- b) uma plantinha de musgo vista o ano todo junto a um muro úmido
- c) um cogumelo
- d) aos esporângios de qualquer criptógama
- e) a qualquer planta avascular

8. (Mogi) Sobre a alternância de gerações de uma samambaia, pode-se dizer corretamente que:

- a) a meiose ocorre na formação dos esporos
- b) a meiose ocorre na formação dos gametas
- c) o esporófito origina-se dos esporos, sendo, por isso, haplóide
- d) o gametófito origina-se do zigoto, sendo, por isso, diplóide
- e) nas samambaias não ocorre a geração esporofítica, sendo, por isso, haplobiontes

9. (Franciscanas) Comparando o ciclo de vida de uma briófitas e uma pteridófitas, podemos afirmar que:

- a) Nas briófitas, o gametófito é uma planta independente, enquanto que nas pteridófitas o esporófito é uma planta independente.
- b) Tanto em briófitas como em pteridófitas, o gametófito e o esporófito são plantas independentes.
- c) Briófitas e pteridófitas apresentam gametófitos e esporófitos como uma planta dependente.
- d) Dependendo das condições do meio, o gametófito e o esporófito poderão ser ora dependentes e ora independentes.
- e) Nenhuma das anteriores.



# Angiospermas

---

A divisão Angiospermas compreende plantas como o café, a uva, o arroz, o trigo, o milho, a bananeira, a cebola, o feijão e uma infinidade de outros representantes.

A característica marcante observada nas angiospermas é a presença de frutos em cujo interior se encontram sementes. No mais, elas são como as gimnospermas: fanerógamas, antófitas, embriófitas e espermáfitas.

O corpo das angiospermas é formado por raiz, caule, folha, flor, fruto e semente. A reprodução se faz por metagênese ou alternância de gerações. Identificam-se duas fases de vida: o esporófito, diplóide, e o gametófito, haplóide. O gametófito é pouco desenvolvido, efêmero, e dependente do esporófito.

A flor é o órgão reprodutivo das angiospermas. Por isso será estudada em primeiro lugar.

## 1. A flor

Uma flor tem origem a partir de gemas caulinares localizadas na axila de folhas modificadas chamadas brácteas. São as seguintes as partes de uma flor: pedúnculo, receptáculo e verticilos florais. O *pedúnculo* é uma haste que prende a flor ao caule. O *receptáculo* floral é um alargamento do pedúnculo onde se inserem os verticilos florais. Os *verticilos florais* são formados por folhas modificadas e especializadas que protegem e permitem a reprodução. São verticilos florais o cálice, a corola, o androceu e o gineceu.

O *cálice* é formado por folhas modificadas denominadas *sépalas*. Estas cobrem e protegem a flor no estágio de botão e ajudam a sustentar as outras partes quando o botão se abre. As sépalas em geral são clorofiladas e verdes.

A *corola* é formada por folhas modificadas denominadas *pétalas*. Sua cor em geral difere do verde. Cálice e corola são considerados acessórios, verticilos protetores, porque não participam diretamente da reprodução. Ao conjunto de cálice e corola dá-se o nome de *perianto*. Em plantas



como o lírio não há distinção entre sépalas e pétalas. As peças florais recebem então o nome de tépalas e o seu conjunto, *perigônio*.

Androceu e gineceu são os verticilos reprodutores. São formados por folhas modificadas e férteis e correspondem aos esporófitos das traqueófitas.

O *androceu* é a parte masculina da flor. É formado por folhas modificadas denominadas *estames*. Os estames correspondem aos microesporófilos das traqueófitas. Cada estame consta de três partes: antera, filete e conetivo. A *antera* é uma porção dilatada, situada na extremidade superior do estame. Corresponde ao microsporângio. É capaz de originar os grãos de pólen. O *filete* é a parte que prende a antera ao receptáculo floral. O *conetivo* é a parte que se insere na antera.

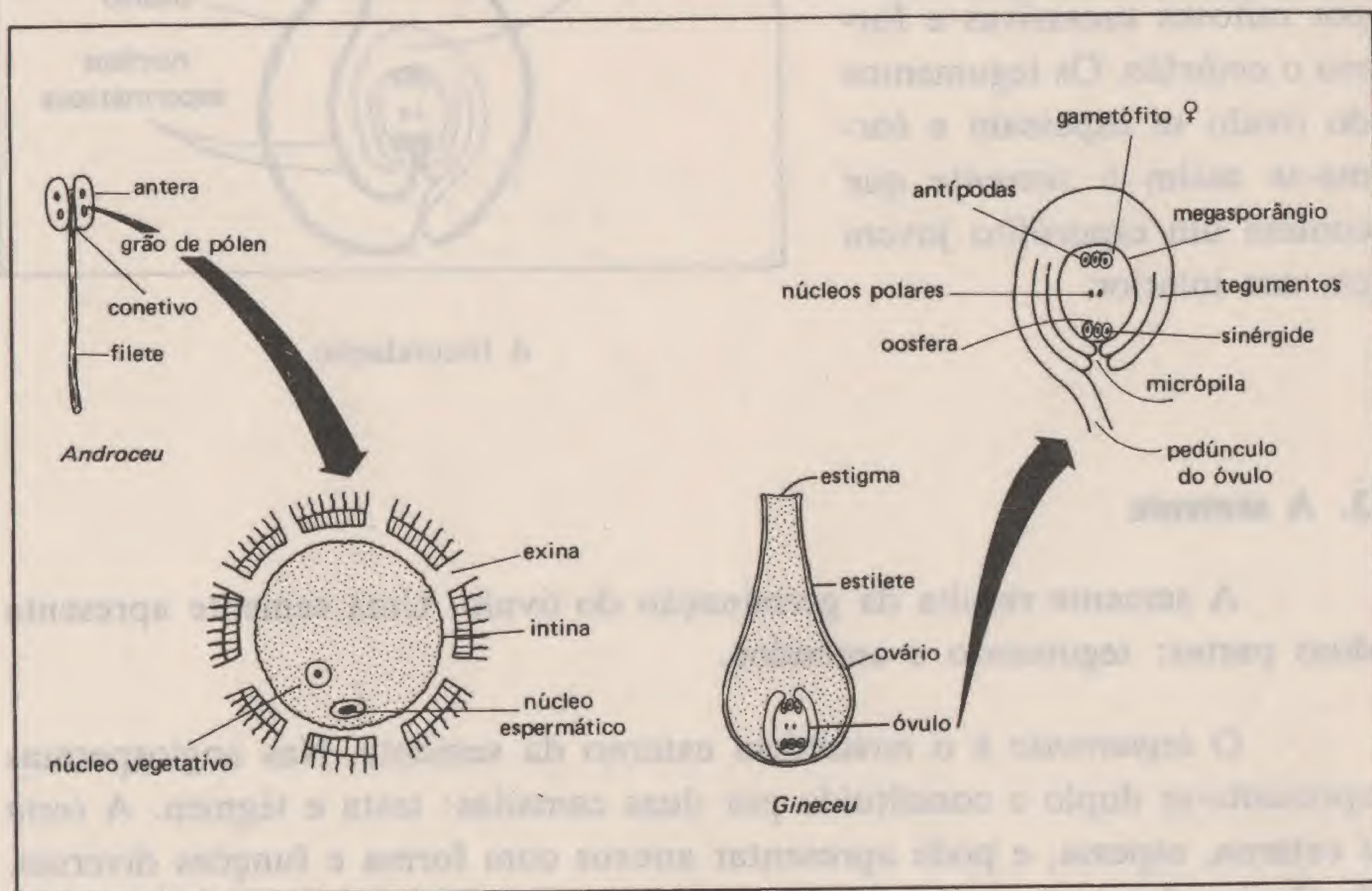
O *gineceu* é a parte feminina da flor. É constituído por folhas modificadas denominadas pistilos ou carpelos. Estes correspondem aos megasporófilos. Cada pistilo consta de três partes: estigma, estilete e ovário. O *estigma* é a porção terminal, dilatada, do pistilo. Sua superfície é viscosa e serve para receber os grãos de pólen. O *estilete* é uma haste cilíndrica que comunica o ovário ao estigma. O *ovário* é a porção basal do pistilo. É dilatado e em seu interior são encontrados um ou mais óvulos. Analisaremos agora os grãos de pólen e os óvulos.

Os *grãos de pólen* são produzidos nas anteras (microsporângios) que possuem em seu interior células diplóides denominadas microsporócitos. Estas sofrem meiose e originam, cada uma, quatro *microsporos maduros*. São estes que recebem o nome de grão de pólen. Cada grão de pólen é revestido externamente por duas membranas: a *exina* e a *intina*. A exina é externa e geralmente apresenta-se espessada. A intina é delgada, mais interna, e envolve o citoplasma da *célula vegetativa* no qual se encontra imersa a *célula geradora* ou *generativa*. Nessa fase, o grão de pólen corresponde ao gametófito imaturo. Mais tarde completará o seu desenvolvimento originando o gametófito feminino maduro. Nessa ocasião apresentará em seu citoplasma *dois núcleos gaméticos masculinos ou espermáticos* e um *núcleo vegetativo*.

O *óvulo* apresenta-se externamente revestido por *tegumentos* que delimitam uma abertura denominada *micrópila*. Em seu interior há uma estrutura, o *saco embrionário*, que possui oito núcleos haplóides, originados de três divisões sucessivas do núcleo do megásporo funcional. Estes núcleos formam posteriormente oito células. Três delas localizam-se próximo à micrópila do óvulo. As duas laterais recebem o nome de *sinérgides* e a central



de *oosfera*. Esta corresponde ao gameta feminino. No pólo oposto do saco embrionário ficam três outras células, denominadas *antípodas*. Na região mediana ficam os dois núcleos restantes, denominados *núcleos polares*. O saco embrionário assim constituído representa o gametófito feminino maduro das angiospermas. Dá-se o nome de *nucela* a um tecido que envolve o saco embrionário.



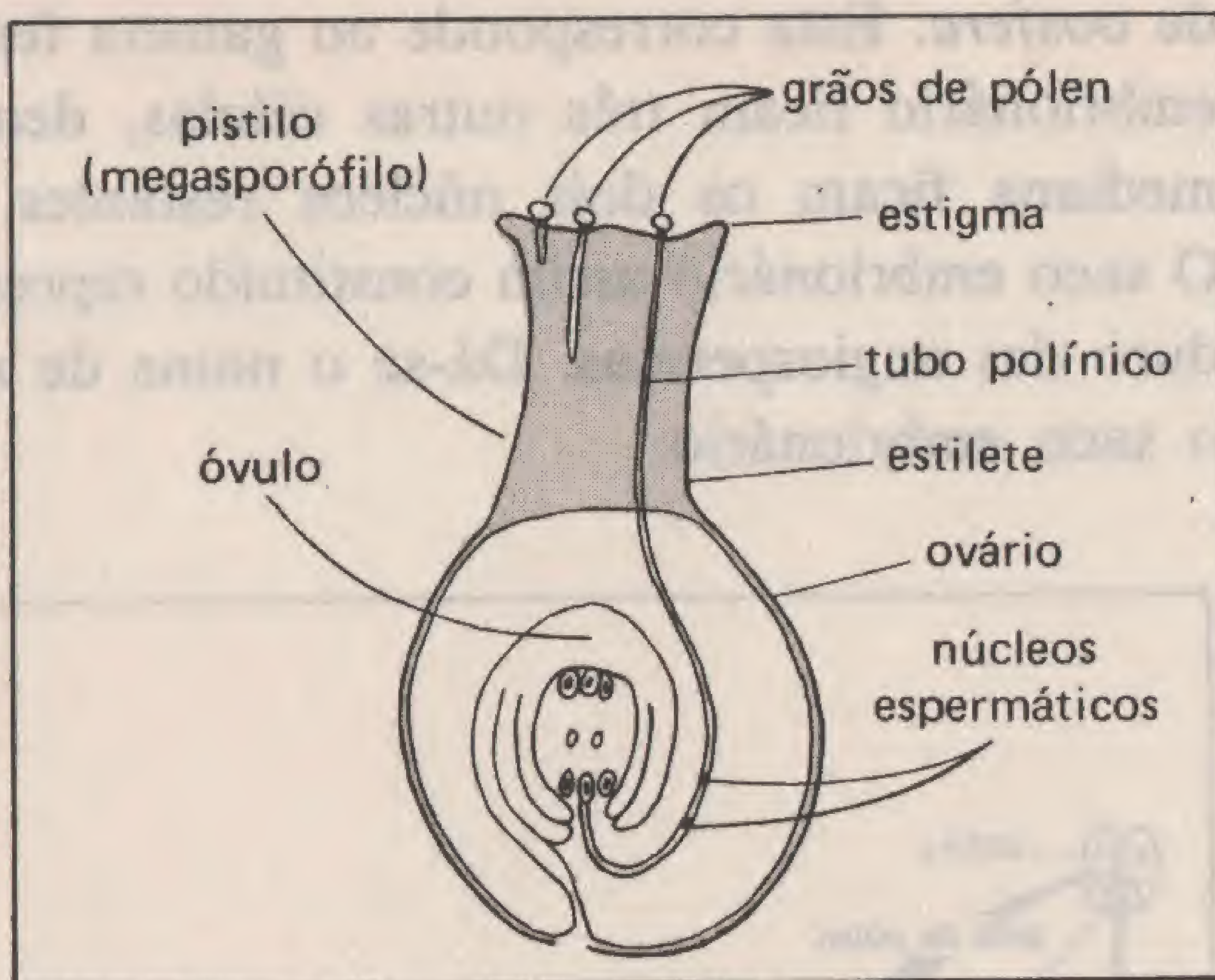
## 2. Polinização e fecundação

Dá-se o nome de polinização ao transporte dos grãos de pólen da antera do androceu até o estigma do gineceu. A polinização em geral é cruzada e os grãos de pólen são levados de uma flor a outra por agentes polinizadores. Fala-se em anemofilia se o agente polinizador é o vento; hidrofília se é a água; entomofilia se são insetos; ornitofilia se são pássaros; quiropterofilia se são morcegos; malacofilia se são moluscos; e antropofilia quando a polinização é feita pelo homem. Caindo no estigma, os grãos de pólen começam a formar o tubo polínico que penetra no estilete até atingir a micrópila do óvulo. É através do tubo polínico que caminham os núcleos espermáticos do grão de pólen. Um deles fecundará a oosfera formando o *zigoto diplóide*. O outro núcleo espermático se fundirá com os dois núcleos polares do óvulo, originando um núcleo triplóide ( $3n$ ). Este se dividirá intensamente dando origem a um tecido triplóide, denominado *endosperma*.



O endosperma em alguns casos poderá nutrir o embrião no início de seu desenvolvimento.

As sinérgides e as antípodes degeneram após a fecundação. O zigoto se divide por mitoses sucessivas e forma o *embrião*. Os tegumentos do óvulo se espessam e forma-se assim a *semente* que contém um esporófito jovem em seu interior.



A fecundação

### 3. A semente

A semente resulta da germinação do óvulo. Uma semente apresenta duas partes: tegumento e amêndoa.

O *tegumento* é o envoltório externo da semente. Nas angiospermas apresenta-se duplo e constituído por duas camadas: testa e tégmen. A *testa* é externa, espessa, e pode apresentar anexos com forma e funções diversas. O *tégmen* é interno e delgado.

A *amêndoa* apresenta-se constituída por duas partes: embrião e albume. O *embrião* é a principal parte da semente. É ele que dá origem ao novo vegetal quando ocorre germinação da semente. Trata-se de um verdadeiro vegetal em miniatura apresentando-se constituído por radícula, caulículo, gêmula ou plúmula e cotilédones(s). A radícula dará origem à raiz; o caulículo ao nó vital, região de transição entre a raiz e o caule; a gêmula ao caule e folhas. Os cotilédones são folhas modificadas com função de nutrição do embrião e mesmo da planta jovem no início de seu desenvolvimento. É a presença de um ou dois cotilédones na semente que permite classificar as angiospermas em mono e dicotiledôneas.

O *albume* é a reserva alimentar encontrada nas sementes, fora dos cotilédones. Corresponde ao endosperma secundário formado após a fecundação do óvulo. Há sementes sem albume, como o feijão. Quando isso



acontece os cotilédones são mais desenvolvidos. Nas sementes ricas em albume os cotilédones são pouco desenvolvidos. É o caso da mamona.

### Germinação

Uma semente para germinar necessita condições ambientais favoráveis, tais como solo úmido, arejado e temperatura adequada. A água é necessária pois é ela quem provoca o intumescimento da semente, facilitando assim o rompimento do tegumento. Em condições favoráveis, o embrião cresce expondo em primeiro lugar a radícula que origina a raiz primária. Posteriormente, o caulículo se desenvolve na mesma direção da raiz, porém em sentido oposto. A gêmula também se expõe externamente originando caule e folhas. Quanto aos cotilédones, estes podem ser levados para cima pelo caulículo e nesse caso fala-se em germinação *epígea* (feijão).

Às vezes, os cotilédones permanecem no interior do solo e fala-se em germinação *hipógea* (milho).

### Disseminação

Disseminação é o transporte e a dispersão das sementes no meio ambiente. São agentes disseminadores o vento, a água e os animais. À disseminação realizada pelo vento chama-se anemocoria; à pela água, hidrocoria; e à por animais, zoocoria.

## 4. O fruto

Os frutos resultam do desenvolvimento do ovário. Na maioria dos vegetais, os ovários só se desenvolvem após a fecundação. Em alguns, contudo, observa-se a formação de frutos mesmo sem fecundação. Esses frutos são chamados partenocárpicos e, como exemplo, temos a macieira, a bananeira e a videira.

Um fruto apresenta duas porções: pericarpo e semente. O *pericarpo* é formado por epicarpo, mesocarpo e endocarpo. A *semente* é constituída por tegumentos e amêndoa.

O *epicarpo* é o revestimento externo. Em geral corresponde à casca do fruto. O *mesocarpo* é a parte média. O *endocarpo* é a parte interna que em geral envolve a semente. Em alguns frutos torna-se lenhoso e passa a constituir o caroço. É o caso da manga e do pêssigo.

### Classificação

Os frutos são classificados, com base no desenvolvimento do pericarpo, em carnosos e secos.



*Frutos carnosos* são os que apresentam pericarpo desenvolvido, suculento e geralmente comestível. Como geralmente não apresentam uma abertura para eliminar sementes são denominados *indeiscentes*. Há dois tipos de frutos carnosos: *baga* e *drupa*. Bagas são os frutos carnosos que apresentam várias sementes no interior do fruto. São exemplos: uva, limão, tomate, abóboras etc. As drupas apresentam uma semente contida no interior de um caroço. É o caso de azeitonas, pêssegos, ameixas, mangas, abacates etc.

*Frutos secos* são os que apresentam pericarpo reduzido. São ditos *deiscentes* quando se abrem espontaneamente eliminando as sementes. São *indeiscentes* quando não se abrem. São deiscentes: feijão, soja, ervilha, amendoim, fumo etc. São indeiscentes: arroz, milho, trigo, girassol etc.

### *Pseudofrutos*

Pseudofrutos são formações vegetais provenientes do ovário e de outras estruturas de uma flor, ou ainda, de uma inflorescência. Podem ser simples, compostos e múltiplos.

Pseudofrutos simples são os que não provêm de ovários mas de outras partes de uma só flor. São exemplos: caju, marmelo, maçã e pêra.

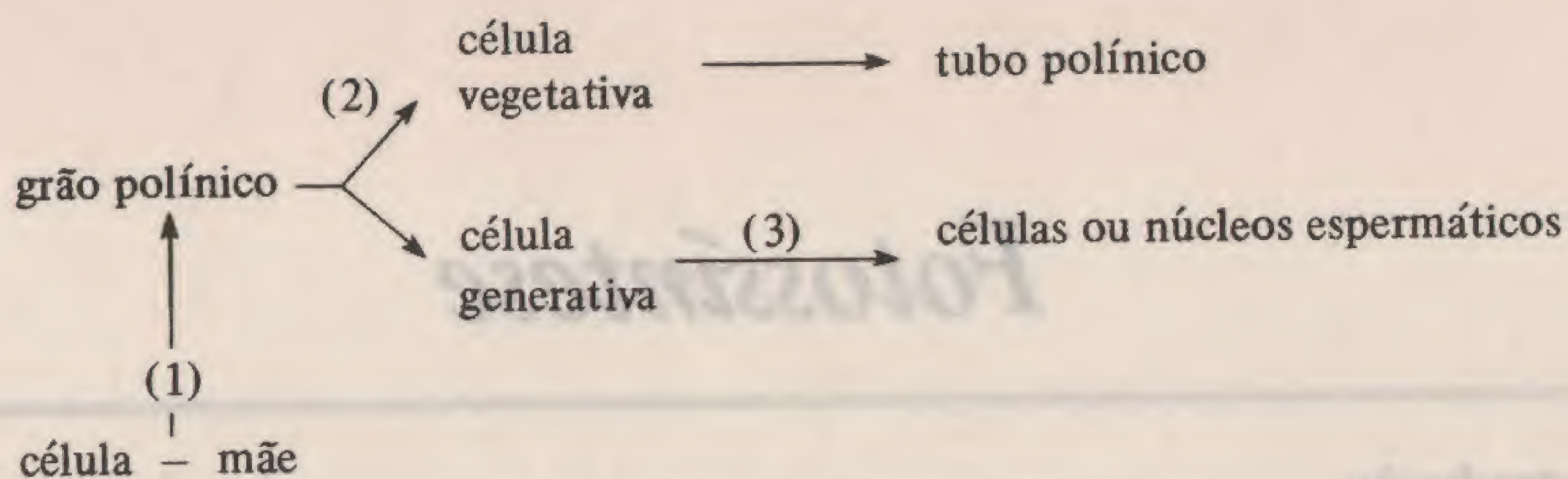
Pseudofrutos compostos são os provenientes de diversos ovários de uma só flor. É o caso do morango.

Pseudofrutos múltiplos são os provenientes de várias partes de diversas flores. Como exemplo temos a amora, o abacaxi e o figo.

## **5. Exercícios**

1. (CESCEM) Qual das estruturas abaixo é gametófito?
  - a) tubo polínico
  - b) óvulo
  - c) ovário
  - d) estame
  - e) flor
2. (CESCEM) Em algumas espécies há incompatibilidade entre o grão-de-pólen e o estigma da mesma flor. Este fenômeno impede a:
  - a) polinização
  - b) partenogênese
  - c) fecundação interna
  - d) fecundação cruzada
  - e) autofecundação
3. (Med. ABC) Considere o seguinte esquema sobre a formação e germinação dos grãos polínicos de angiospermas:





Nas etapas 1, 2 e 3, acima assinaladas, ocorrem respectivamente as seguintes divisões celulares:

- meiose, mitose e mitose
  - meiose, mitose e meiose
  - meiose, meiose e mitose
  - mitose, mitose e meiose
  - mitose, meiose e mitose
4. (UFSCAR) Entre as briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas a geração dominante é, respectivamente, a:
- esporofítica, gametofítica, esporofítica, gametofítica
  - gametofítica, esporofítica, gametofítica, esporofítica
  - esporofítica, esporofítica, esporofítica, gametofítica
  - gametofítica, esporofítica, esporofítica, esporofítica
  - gametofítica, gametofítica, gametofítica, esporofítica
5. (Braz Cubas) As Angiospermas e Gimnospermas são plantas espermatófitas porque apresentam:
- sementes
  - frutos
  - flores
  - ovários
  - tubos polínicos
6. (PUCC) A fertilização, antes do desabrochar do perianto, é um caso de:
- sincarpia
  - apomixia
  - autogamia
  - cleistogamia
  - n.d.a.
7. (CCV/CE) O embrião de um vegetal superior é formado por:
- radícula, gêmula, caulículo e cotilédone
  - perisperma, albume, gêmula e caulículo
  - gêmula, radícula, caulículo e albume
  - cotilédone, albume, radícula e perisperma
8. (FUVEST) Na maioria das Angiospermas, o fruto é uma estrutura formada a partir do desenvolvimento:
- do ovário
  - do óvulo fecundado
  - do zigoto
  - da parede do epicarpo
  - da oosfera fecundada



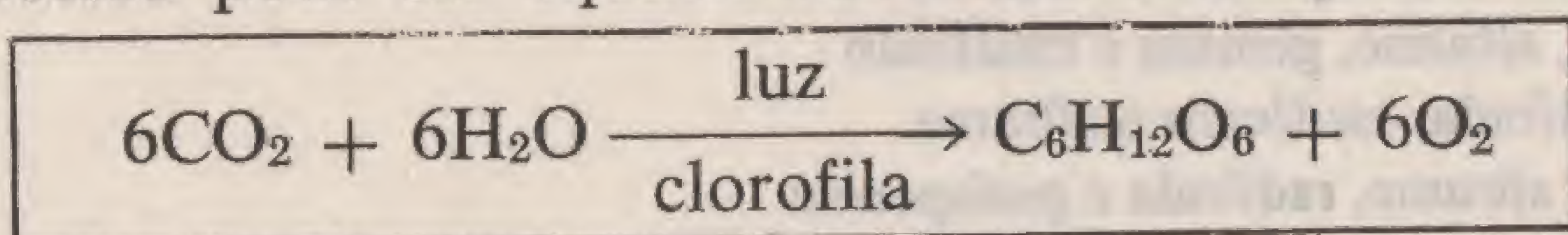
# Fotossíntese

## 1. Introdução

A partir de agora passaremos a discutir a *fisiologia vegetal*, que vem a ser o estudo das funções vegetais. Iniciaremos pela *fotossíntese*, que é a função pela qual a planta produz glicose e oxigênio a partir de gás carbônico e água, necessitando para isso de energia luminosa. Em seguida, trataremos da *respiração*, processo pelo qual se queimam os compostos orgânicos obtidos pela fotossíntese, na presença de oxigênio, com a finalidade de obter a energia necessária à vida das células vegetais. Há na respiração a liberação de gás carbônico e água, o que mostra ser o processo o inverso da fotossíntese. Finalizando, abordaremos a *absorção*, *transporte* e *transpiração* vegetais. É pela *absorção* que a planta obtém do meio externo substâncias vitais como, por exemplo, o gás carbônico e a água, utilizados na fotossíntese. O *transporte* é o modo pelo qual a água e os sais minerais são levados desde as raízes que os retiram do solo até as folhas. É ainda o meio pelo qual os compostos orgânicos aí produzidos pela fotossíntese são levados às diferentes partes da planta, onde serão utilizados. E a *transpiração* é a perda de água para o meio externo sob a forma de vapor. Esse processo é, como veremos, fundamental para que possa ocorrer o transporte de água e sais minerais desde as raízes até as folhas.

## 2. Equação da fotossíntese

A fotossíntese é a função vegetal pela qual as plantas clorofiladas sintetizam compostos orgânicos a partir de compostos inorgânicos simples como gás carbônico e água, na presença de luz e com a liberação de oxigênio. O processo pode ser equacionado da forma que se segue:



O *gás carbônico* ( $\text{CO}_2$ ) utilizado na fotossíntese é obtido do ar atmosférico onde se encontra numa concentração de 0,03%. Este gás em vegetais superiores penetra na planta principalmente por aberturas denominadas *estômatos*. Os estômatos localizam-se na epiderme das folhas. As folhas constituem-se nos órgãos onde a fotossíntese ocorre. O gás carbônico



penetra nas folhas por *difusão*. Após atravessar os estômatos, ele chega a uma região, o mesófilo, localizada entre as epidermes superior e inferior. O mesófilo é constituído por células ricas em cloroplastos, que constituem o chamado parênquima clorofiliano. O gás carbônico, ao atingir o parênquima clorofiliano, penetra em suas células e chega aos cloroplastos onde será utilizado.

A *água* é absorvida do solo pelas raízes. Em plantas como as briófitas há rizóides para a absorção de água.

A *energia luminosa* é proveniente basicamente do Sol. Das radiações emitidas pelo Sol é a luz branca visível, compreendida entre os comprimentos de onda 390 m $\mu$  e 760 m $\mu$ , a utilizada na fotossíntese. Se fizermos um feixe de luz branca atravessar um prisma, ele se decomporá formando um espectro semelhante ao arco-íris. Este espectro é constituído por sete faixas que, do maior ao menor comprimento de onda, são: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Observa-se que as radiações mais eficientes para a fotossíntese correspondem às faixas vermelha e azul. Já as radiações correspondentes à faixa verde não são utilizadas no processo por serem refletidas.

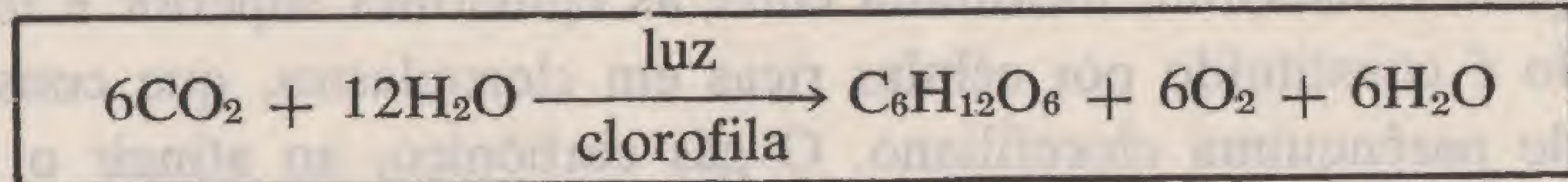
A *clorofila* é o pigmento verde utilizado na fotossíntese. Trata-se de uma porfirina constituída por um núcleo tetrapirrólico, cujo centro é ocupado por um átomo de magnésio. Ligada a um dos núcleos pirrólicos há uma longa cadeia carbônica denominada fitol. A clorofila encontra-se nos cloroplastos e sua estrutura é semelhante à da hemoglobina, diferindo desta por apresentar magnésio em vez de ferro. Há cinco tipos de clorofila: *a*, *b*, *c*, *d* e *e*. As mais conhecidas são a *a* e a *b*. Outros pigmentos podem ser utilizados na fotossíntese absorvendo luz que é transferida à clorofila. É o caso dos carotenóides (alaranjados ou amarelos) e ficobilinas (vermelhas e azuis).

A *glicose* (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) é um carboidrato originado na fotossíntese. A partir dela se formam outros carboidratos como a sacarose, maltose, amido etc. Outras substâncias formadas no processo são aminoácidos, ácidos orgânicos, ácidos graxos e glicerol.

O *oxigênio* liberado na fotossíntese é proveniente da molécula de água. Isso pode ser demonstrado utilizando-se o isótopo do oxigênio O<sup>18</sup> para marcar a água. Quando plantas recebem água com este isótopo, todo o oxigênio liberado o contém. Contudo, se marcamos o gás carbônico com o isótopo O<sup>18</sup>, este não será encontrado no oxigênio desprendido. O fato de



oxigênio liberado ser originado da água nos obriga a corrigir a equação da fotossíntese:



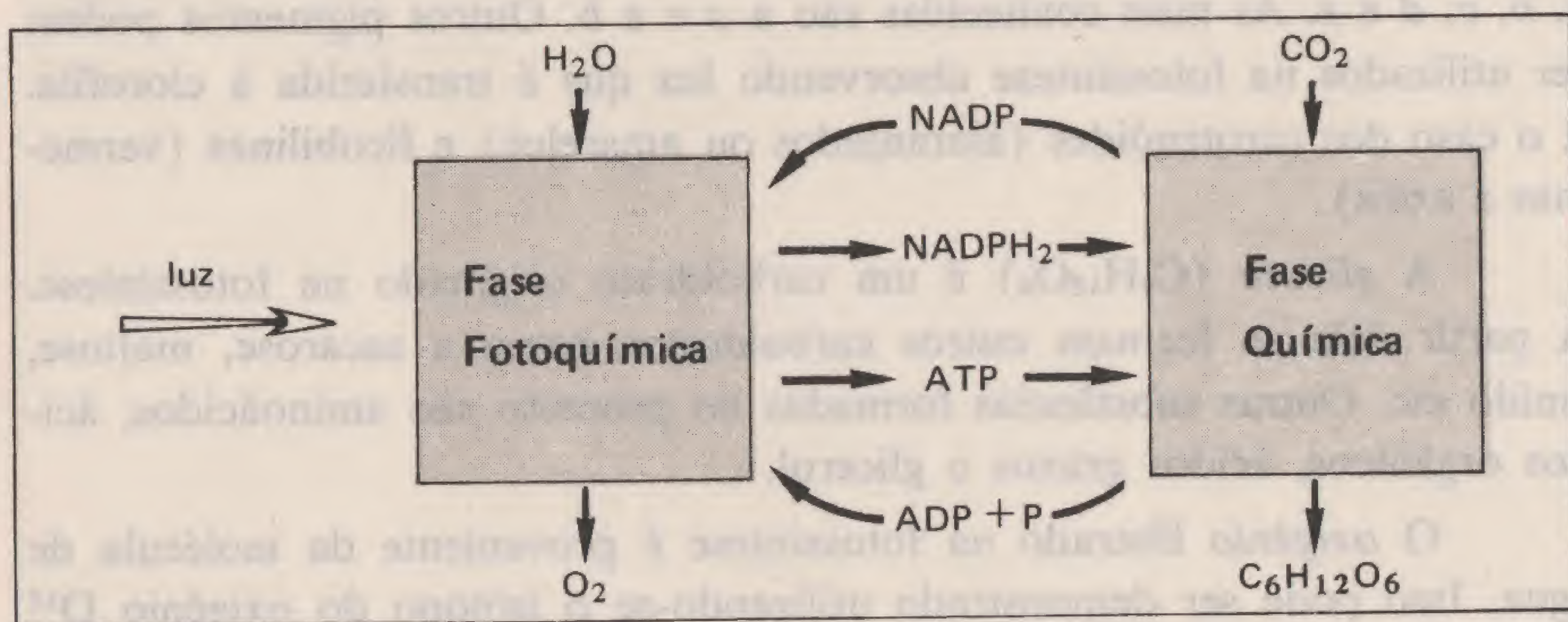
O oxigênio liberado alcança o meio externo através dos estômatos.

### 3. Mecanismo bioquímico da fotossíntese

A fotossíntese pode ser dividida em duas fases: a primeira, dependente da luz, denominada *fotoquímica*, e a segunda, independente da luz, chamada *química* ou *enzimática*.

A *fase fotoquímica* ocorre nas partes clorofiladas do cloroplasto (grana e lamelas). Nela há quebra da molécula de água liberando-se oxigênio. É a *fotólise da água*. A água, ao quebrar-se e liberar oxigênio, deixa livre íons hidrogênio, que são aceitados pela enzima NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato). Esta, ao receber hidrogênio, se reduz a NADPH<sub>2</sub>. Além da fotólise da água ocorre na fase fotoquímica a *fotofosforilação*, ou seja, moléculas de ADP e P, sob ação da luz, transformam-se em ATP.

A *fase química* ocorre no estroma do cloroplasto. Nessa fase, o gás carbônico é convertido em glicose, para isso sendo necessário que receba hidrogênios do NADPH<sub>2</sub> e absorva energia do ATP. O NADPH<sub>2</sub> cedendo hidrogênios volta a ser NADP, e o ATP, quebrando-se para liberar energia, forma novamente ADP e P. NADP e ADP e P serão novamente utilizados na fase clara. É o que mostra o esquema que se segue:



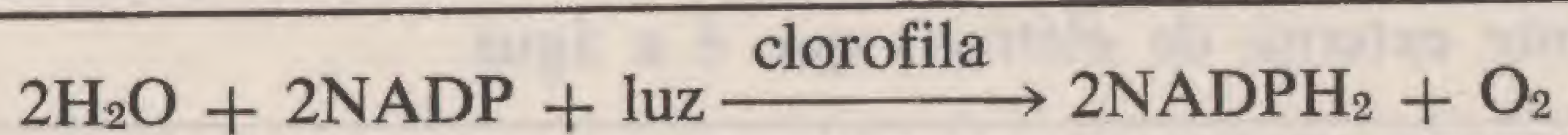
Estudaremos agora em detalhe as fases fotoquímica e química.



#### 4. A fase fotoquímica

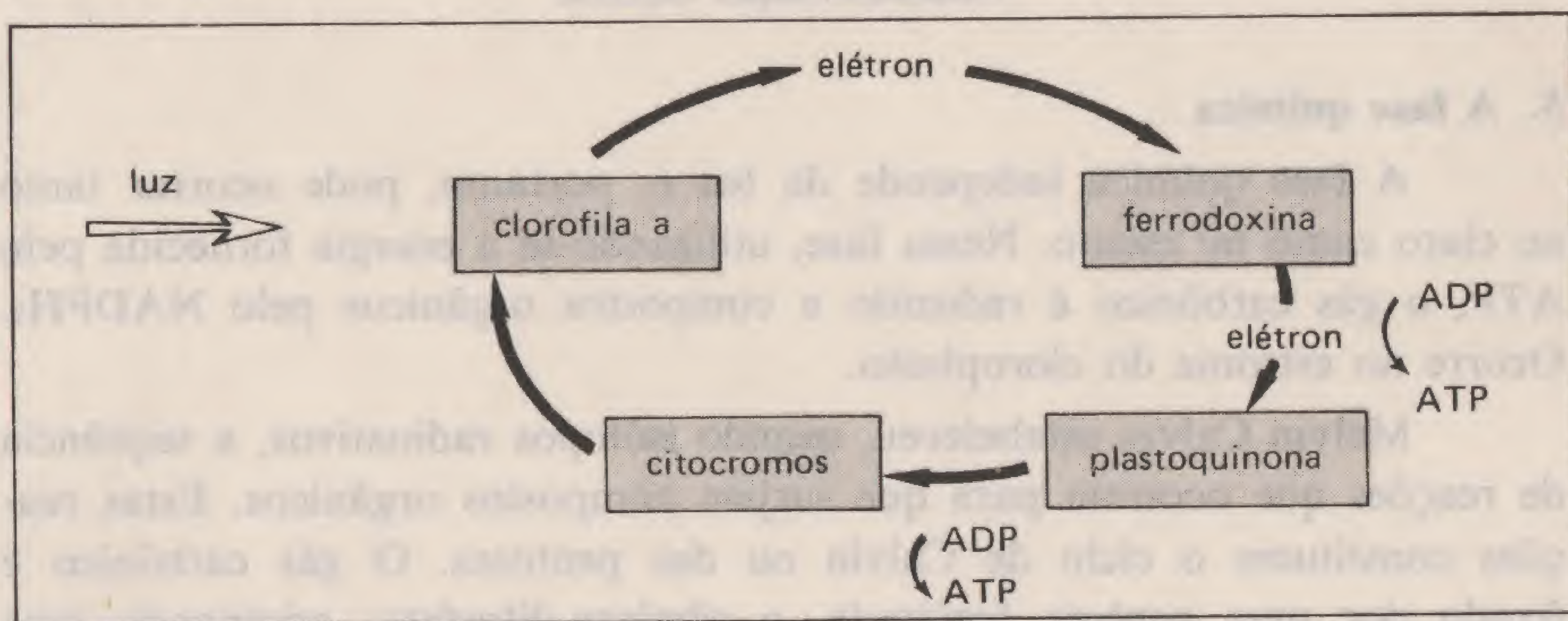
Vimos que na fase fotoquímica dois fatos básicos ocorrem: a fotólise da água e a fotofosforilação.

*Fotólise da água* — É a quebra das moléculas de água com liberação de oxigênio. Foi descoberta por Robert Hill em 1937. Hill forneceu a cloroplastos *in vitro*, água, luz e um aceptor de hidrogênio, observando assim liberação de oxigênio. Em outra experiência deixou de adicionar o aceptor e verificou não haver liberação de oxigênio. Hoje sabemos que o aceptor de hidrogênios é o NADP e podemos equacionar a reação de Hill do seguinte modo:



*Fotofosforilação* — É a produção de ATP sob ação da luz. A fotofosforilação pode ser cíclica e acíclica.

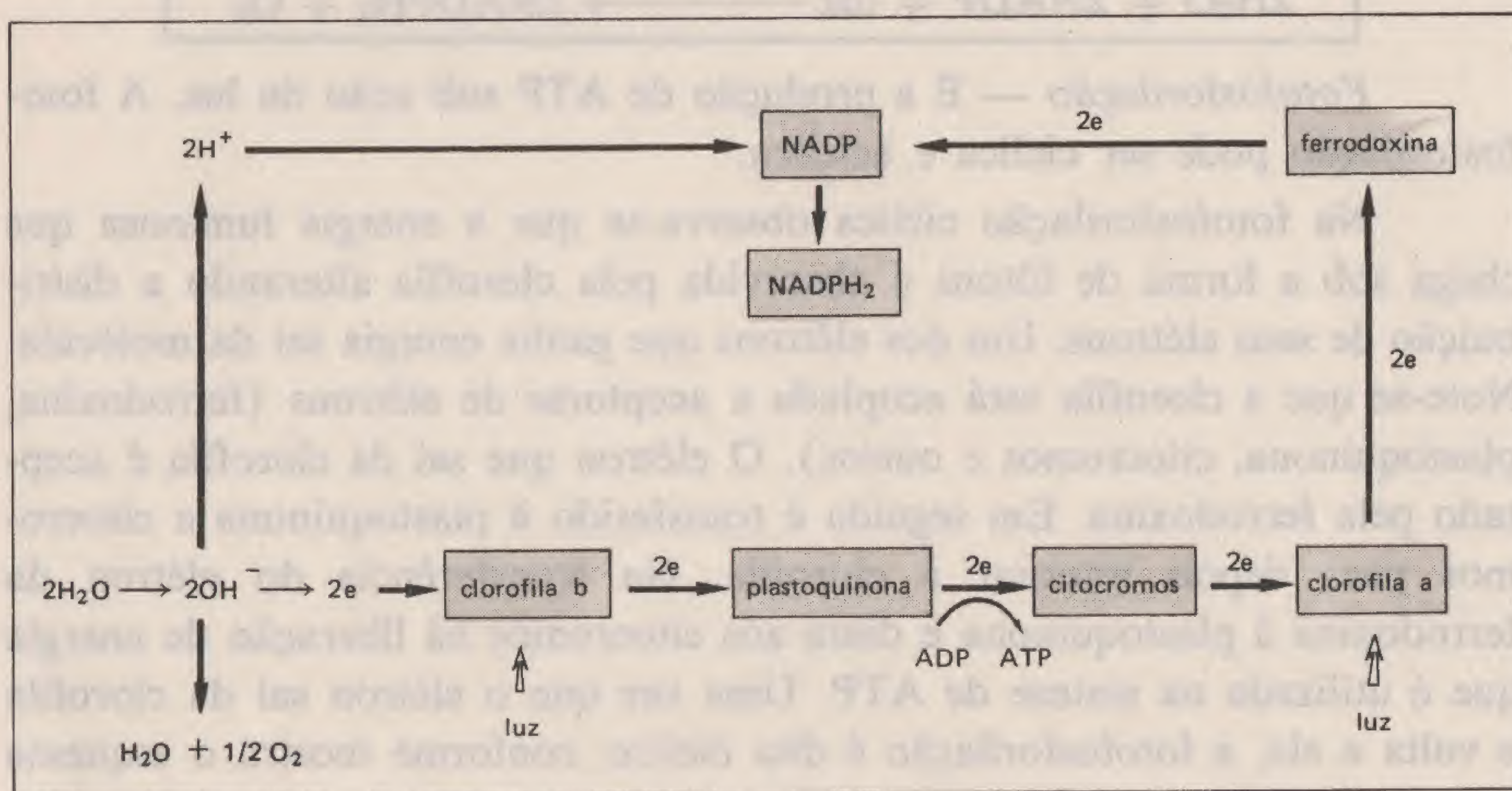
Na fotofosforilação cíclica observa-se que a energia luminosa que chega sob a forma de fótons é absorvida pela clorofila alterando a distribuição de seus elétrons. Um dos elétrons que ganha energia sai da molécula. Note-se que a clorofila está acoplada a aceptores de elétrons (ferredoxina, plastoquinona, citocromos e outros). O elétron que sai da clorofila é aceitado pela ferredoxina. Em seguida é transferido à plastoquinona e citocromos para depois retornar à clorofila. Na transferência do elétron da ferredoxina à plastoquinona e desta aos citocromos há liberação de energia que é utilizada na síntese de ATP. Uma vez que o elétron sai da clorofila e volta a ela, a fotofosforilação é dita *cíclica*, conforme mostra o esquema que se segue:



Da *fotofosforilação acíclica* participam as clorofilas *a* e *b*. A clorofila *a* ao receber luz perde dois elétrons. Estes saem da molécula e são aceitados pela ferredoxina. Esta os transfere à molécula de NADP que



fica assim reduzida. Pela fotólise da água duas moléculas desta se decompõem em  $2\text{H}^+$  e  $2\text{OH}^-$ . Os dois prótons  $\text{H}^+$  são recebidos pelo NADP reduzido que então se converte em  $\text{NADPH}_2$ . A clorofila *b*, ao receber luz, também perde dois elétrons, que são aceitados pela plastoquinona. Desta, por meio de uma cadeia de citocromos, os elétrons são levados à clorofila, que então se regenera. Durante a transferência dos elétrons entre as clorofilas há produção de ATP, utilizando-se a energia liberada. Os dois íons  $\text{OH}^-$  que restaram das moléculas de água perdem dois elétrons que regeneram a clorofila *b*. Os dois OH restantes se combinam e formam água e oxigênio. A fotofosforilação é dita *acíclica* porque o processo depende de uma fonte externa de elétrons que é a água.



Fotofosforilação acíclica

## 5. A fase química

A fase química independe da luz e, portanto, pode ocorrer tanto no claro como no escuro. Nessa fase, utilizando-se a energia fornecida pelo ATP, o gás carbônico é reduzido a compostos orgânicos pelo  $\text{NADPH}_2$ . Ocorre no estroma do cloroplasto.

Melvin Calvin estabeleceu, usando isótopos radioativos, a seqüência de reações que ocorrem para que surjam compostos orgânicos. Estas reações constituem o ciclo de Calvin ou das pentoses. O gás carbônico é fixado por uma pentose fosfatada, e ribulose-difosfato, originando uma hexose instável, que se desdobra em duas moléculas de ácido fosfoglicérico (PGA), cada uma com 3 carbonos. Este é o primeiro composto estável que aparece na fotossíntese. Cada PGA é transformado em ácido difosfo-



glicérico (DPGA), e este, em fosfogliceraldeído (PAGald). A energia para estas reações é fornecida pelo ATP. Cerca de  $\frac{5}{6}$  de PGald são utilizados na regeneração da ribulose-difosfato, fechando-se assim o ciclo de Calvin. O restante dá origem à glicose e desta se originam carboidratos, como amido, celulose etc. A partir do PGald também se formam ácidos graxos, glicerol, aminoácidos etc.

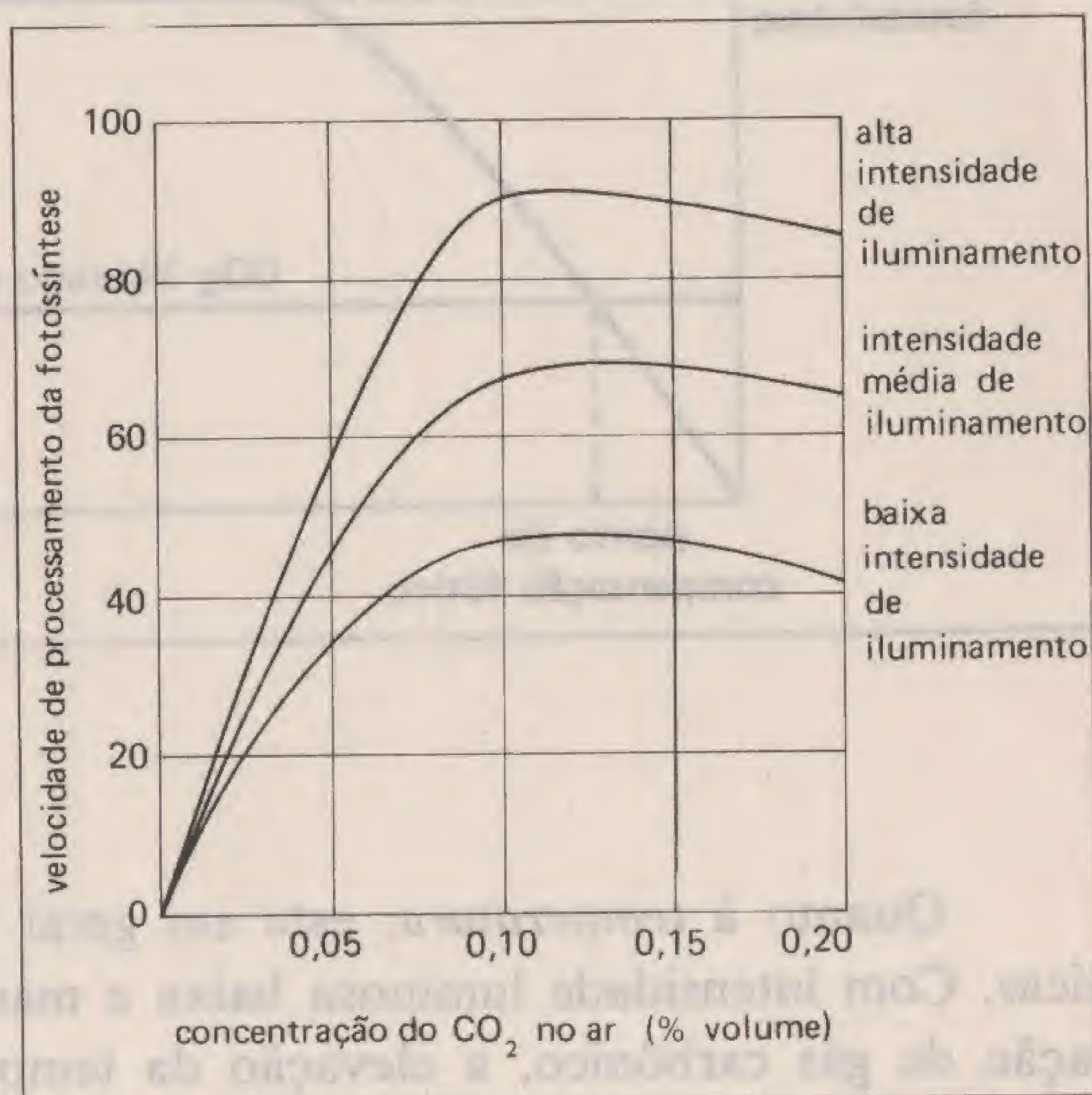
São necessárias seis voltas no ciclo para a síntese de uma molécula de glicose.

## 6. Fatores que interferem

Interferem na fotossíntese a intensidade luminosa, a concentração de gás carbônico e a temperatura. Para se entender a ação desses fatores faz-se necessário conhecer o conceito de *fator limitante*. Segundo Blackman, “quando um processo é influenciado por vários fatores que agem isoladamente, a sua velocidade é limitada pelo fator de menor intensidade”. Este fator é, portanto, o limitante do processo.

Quanto à *intensidade luminosa*, se esta for aumentada gradativamente, numa planta clorofilada submetida à concentração de gás carbônico e temperatura constantes, a intensidade de fotossíntese se elevará. Contudo, há um ponto, denominado ponto de saturação luminosa, a partir do qual qualquer aumento da intensidade luminosa não mais alterará a taxa de fotossíntese.

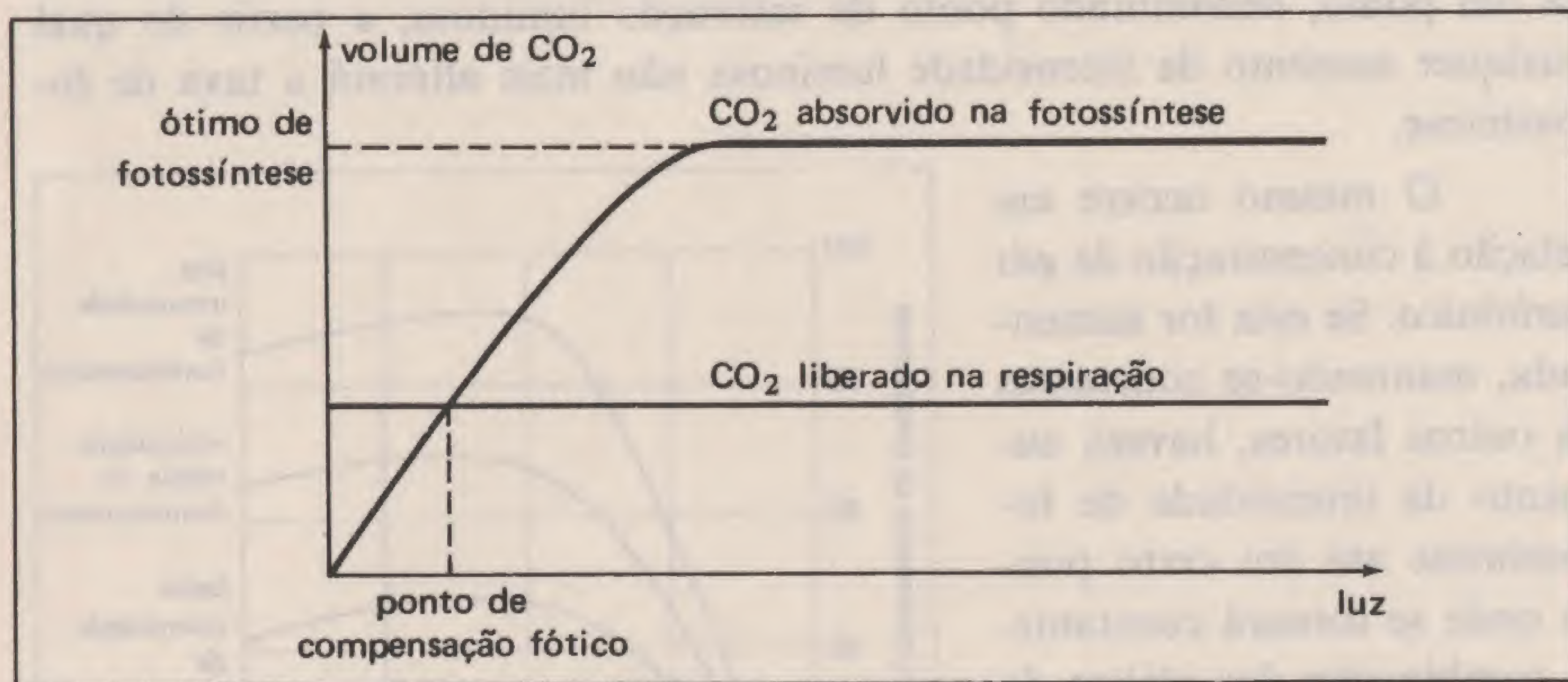
O mesmo ocorre em relação à concentração de *gás carbônico*. Se esta for aumentada, mantendo-se constantes os outros fatores, haverá aumento da intensidade de fotossíntese até um certo ponto onde se tornará constante. A combinação dos efeitos da intensidade luminosa com os da concentração de gás carbônico mostra que, em baixas concentrações de gás carbônico, a velocidade de fotossíntese depende da quantida-





de de gás disponível. Este é portanto o fator limitante. Quando a quantidade de gás carbônico é suficiente para um ótimo rendimento fotossintético, o processo passa a depender da intensidade luminosa. Esta sendo baixa limitará o processo. É o que se pode ver no gráfico da página anterior, lembrando-se que nos casos citados a temperatura é constante.

Vejamos agora o que se entende por ponto de *compensação fotótico*. Uma planta, quando no escuro, apenas respira. Absorve portanto oxigênio e elimina gás carbônico. Se passar a receber baixa intensidade luminosa terá baixo rendimento fotossintético e por isso a quantidade de gás carbônico eliminada na respiração será maior que a quantidade absorvida pela fotossíntese. Aumentando-se a intensidade luminosa pode-se chegar a um ponto onde as quantidades de gás carbônico eliminadas na respiração e absorvidas na fotossíntese se igualam. Dá-se o nome de ponto de compensação fotótico à intensidade luminosa em que todo o gás carbônico liberado na respiração é consumido na fotossíntese. Se a intensidade luminosa for ainda mais aumentada pode-se atingir um ponto de saturação lumínica. Neste ponto, a planta atinge um ótimo de fotossíntese em função da luz e consome mais gás carbônico do que consegue liberar pela respiração. A partir daí começa a retirar o gás carbônico da atmosfera. Vejam-se estes fatos no gráfico que se segue.



Quanto à *temperatura*, esta em geral não afeta as reações fotoquímicas. Com intensidade luminosa baixa e mantendo-se constante a concentração de gás carbônico, a elevação da temperatura altera muito pouco a



velocidade de fotossíntese. A luz é, nessas condições, o fator limitante. Quando a intensidade luminosa é alta, a elevação da temperatura provoca o aumento da velocidade da fotossíntese.

7. Exercícios

1. (Fund. Carlos Chagas) Qual das alternativas da tabela abaixo representa corretamente algumas das condições essenciais para a realização da fotossíntese? (+ fator essencial; - fator não essencial)

	Gás carbônico	Água	Oxigênio
A	+	+	+
B	+	+	-
C	+	-	+
D	-	+	+
E	+	-	-

2. (FMU) As plantas verdes são úteis na purificação do ar porque:

- a) absorvem CO<sub>2</sub> e expelem O<sub>2</sub>
- b) absorvem O<sub>2</sub> e expelem vapor de água
- c) absorvem N<sub>2</sub> e expelem CO<sub>2</sub>
- d) absorvem CO<sub>2</sub> e expelem N<sub>2</sub>
- e) absorvem água líquida e expelem vapor de água

3. (CESCEM) Os processos abaixo numerados intervêm na obtenção de CO<sub>2</sub> pelas plantas.

- I - Absorção através dos estômatos.
- II - Difusão pelas membranas celulares do parênquima.
- III - Difusão pelos espaços intercelulares do parênquima.

A ordem em que esses processos ocorrem na planta é:

- a) I - II - III
- b) I - III - II
- c) II - I - III
- d) II - III - I
- e) III - II - I

4. (MACK) O citoplasma é basicamente constituído por uma mistura de inúmeras substâncias em estado coloidal. Mergulhado nesse citoplasma fundamental, há um grande número de corpúsculos visíveis ao microscópio. Certos corpúsculos do citoplasma desempenham importante papel no metabolismo celular. Os cloroplastos estão nesse caso. Contêm eles numerosas enzimas que catalisam as reações de fotossíntese. São elas que promovem a transformação da:

- a) energia luminosa em energia química
- b) energia luminosa em energia térmica
- c) energia química em energia luminosa
- d) energia química em energia química de reserva
- e) energia térmica em energia luminosa



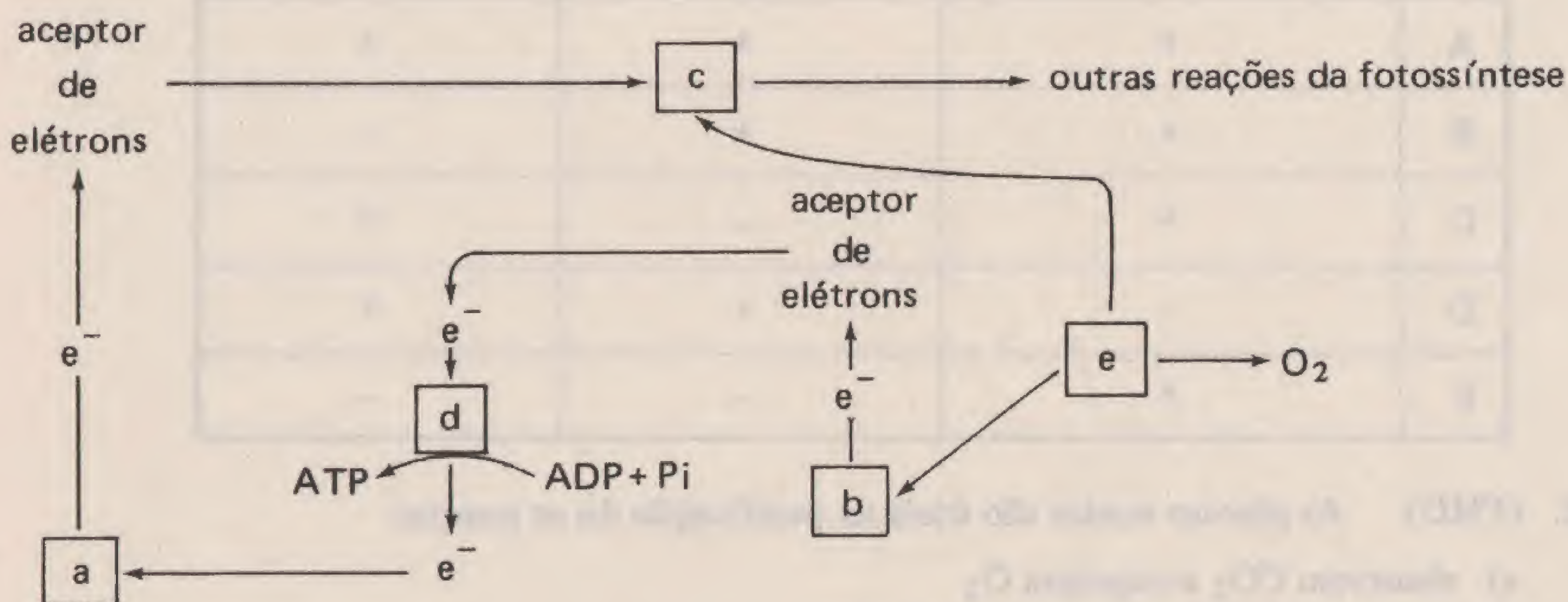
5. (FMU) A etapa da fotossíntese que exige luz para ocorrer é:

- a) libertação de oxigênio
- b) produção de amido
- c) produção de glicose
- d) formação de água
- e) fixação de gás carbônico

6. (PUCC) Sabe-se que, na fotossíntese, a clorofila inicialmente perde um elétron, recebendo-o depois de determinada substância. Essa substância é:

- a)  $H_2O$
- b) ATP
- c)  $CO_2$
- d)  $O_2$
- e) n.d.a.

(PUCC) Responda às questões 7 e 8 baseando-se na figura que se segue:



7. No esquema acima está representada:

- a) a fixação redutora do  $CO_2$
- b) a fotofosforilação não cíclica de elétrons
- c) a fase fotoquímica
- d) existem duas alternativas corretas
- e) n.d.a.

8. As letras no gráfico representam:

- a) a = clorofila, b = clorofila, c =  $H_2O$ , d = citocromos, e =  $CO_2$
- b) a = clorofila, b = citocromos, c = ATP, d = clorofila, e =  $CO_2$
- c) a = clorofila, b = clorofila, c = NADP, d = citocromos, e =  $H_2O$
- d) a = clorofila, b = citocromos, c = ATP, d = plastoquinona, e =  $CO_2$
- e) n.d.a.

9. (Fund. Carlos Chagas) Na fotossíntese, os íons hidrogênio provenientes da água:

- a) liberam energia para conversão de ADP em ATP
- b) adquirem energia com a conversão de ATP em ADP
- c) combinam-se com o  $O_2$
- d) reduzem a glicose
- e) reduzem o  $CO_2$



# Respiração Vegetal

Respiração é o processo de obtenção de energia pelas células a partir da progressiva degradação de moléculas orgânicas, principalmente carboidratos. Distinguem-se dois tipos de respiração: a aeróbica e a anaeróbica.

## 1. A respiração aeróbica

A respiração aeróbica é a que ocorre na presença do oxigênio. Através dela as substâncias orgânicas são oxidadas havendo liberação de energia e gás carbônico. Os organóides responsáveis pela respiração celular são as mitocôndrias e os detalhes do processo foram vistos na primeira parte deste livro. Nas plantas, a entrada de oxigênio e a saída de gás carbônico ocorre por simples *difusão*, que se processa principalmente pelos estômatos. Contudo pode também haver trocas gasosas pela cutícula vegetal, epiderme e lenticelas. Estas são pequenos orifícios encontrados na superfície de raízes de plantas que vivem em regiões alagadiças. São raízes que crescem ao nível do solo e que, na época das vazantes, ficam expostas ao ar. Nessa ocasião observam-se trocas gasosas através das lenticelas.

A respiração aeróbica é influenciada por fatores como as concentrações de oxigênio e gás carbônico e a temperatura. Assim, a intensidade respiratória diminui quando se verifica queda do teor de oxigênio no meio em que se encontra a célula. Em relação ao gás carbônico observa-se que um aumento da concentração desse gás no meio resulta em redução da intensidade respiratória. Já a temperatura influencia a ação das enzimas respiratórias. O máximo de intensidade respiratória dá-se entre 30 e 40°C. Aos 40°C a intensidade decresce, cessando por volta de 56°C.

## 2. Quociente respiratório

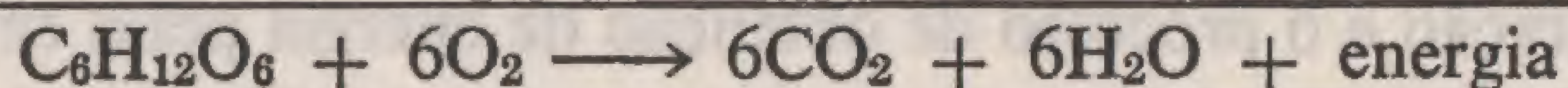
Dá-se o nome de quociente respiratório (QR) à razão existente entre a quantidade de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) despreendida e a de oxigênio (O<sub>2</sub>) consumida na respiração. Portanto:

$$QR = \frac{\text{CO}_2 \text{ eliminado}}{\text{O}_2 \text{ absorvido}}$$



Recorde-se que normalmente as substâncias desdobradas na respiração são carboidratos. Contudo, outras substâncias podem ser utilizadas como fontes de energia. É o caso de lipídios e ácidos orgânicos dicarboxílicos.

Quando as substâncias orgânicas oxidadas são *carboidratos*, o QR é igual a 1 ou aproximadamente igual a este número. Veja-se, por exemplo, o caso da glicose, cuja oxidação é equacionada da forma seguinte:



Nesse caso temos para o quociente respiratório:  $\text{QR} = \frac{6\text{CO}_2}{6\text{O}_2} = 1$ .

Para os *ácidos orgânicos dicarboxílicos*, como os ácidos málico e oxálico, o QR tem valores maiores que 1. Isso ocorre porque suas moléculas têm mais oxigênio do que carbono e portanto requerem menos oxigênio para a combustão completa. Veja-se o caso do ácido málico:



$$\text{QR} = \frac{4\text{CO}_2}{3\text{O}_2} = 1,33.$$

As substâncias lipídicas têm QR inferior a 1. Isso ocorre porque suas moléculas são pobres em oxigênio e requerem maior teor desse gás para sua combustão. É o caso do ácido esteárico:



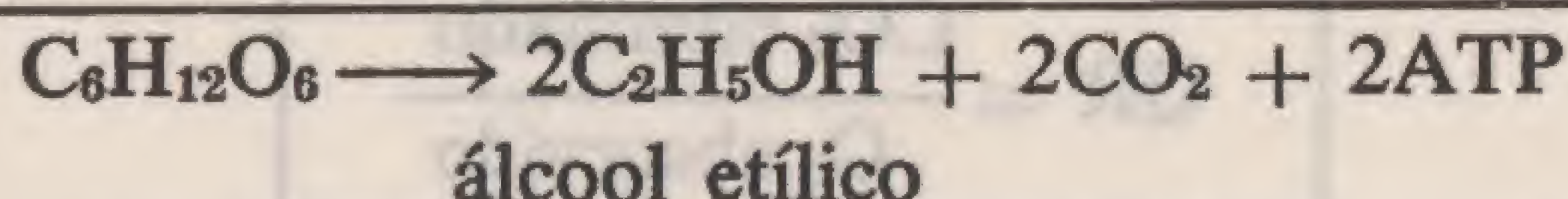
$$\text{QR} = \frac{18\text{CO}_2}{26\text{O}_2} \cong 0,7$$

### 3. A fermentação

Fermentação é a respiração anaeróbica. A degradação de compostos orgânicos, liberando energia e gás carbônico ocorre na ausência de oxigênio livre. Note-se que na fermentação o desdobramento das substâncias orgânicas é incompleto, daí os produtos finais não serem simples como gás carbônico e água. Por não haver desdobramento completo das substâncias orgânicas a quantidade de energia liberada no processo é bastante inferior à observada na respiração aeróbica.

Distinguem-se os seguintes tipos de fermentação: alcoólica, acética e láctica.

A *alcoólica* tem como produto final o álcool etílico, conforme mostra a reação:





Realizam a fermentação alcoólica certos fungos (lêvedos), algumas bactérias e tecidos vegetais superiores. O *Saccharomyces cerevisiae* ou lêvedo de cerveja é utilizado na fermentação industrial de bebidas alcoólicas como a cerveja, o vinho e a aguardente.

A fermentação acética tem como produto final o ácido acético (vinagre). É realizada por certas bactérias e também empregada industrialmente. A fermentação láctica tem como produto final o ácido láctico. É realizada por certas bactérias, fungos e protozoários. Ocorre também em tecidos animais. As bactérias do gênero *Lactobaccilus* são utilizadas industrialmente na fabricação de coalhadas, queijos e manteiga.

4. Exercícios

- 1. (PUC) Quando há suber abundante numa planta, as trocas gasosas ocorrem:
  - a) através das lenticelas
  - b) através da epiderme
  - c) através dos hidatódios
  - d) através dos estômatos
  - e) n.d.a.
- 2. (FECAP) Os vegetais verdes, utilizando CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, absorvem energia luminosa e a transformam em energia química, que é armazenada primariamente na molécula de glicose. Esta pode ser degradada, convertendo-se em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e energia. Esses processos são, respectivamente:
  - a) fermentação e osmose
  - b) osmose e fermentação
  - c) respiração aeróbia e fotossíntese
  - d) fotossíntese e respiração aeróbia
  - e) respiração aeróbia e fermentação
- 3. (Fac. Osvaldo Cruz) Ao compararmos Fotossíntese e Respiração, afirmamos que são processos opostos. Assinale a alternativa que confirma este fato.

Fotossíntese	Respiração
a) destruição de matéria orgânica	● construção de matéria orgânica
b) consumo de oxigênio	● liberação de oxigênio
c) consumo de energia	● liberação de energia
d) liberação de gás carbônico	● consumo de gás carbônico

- 4. (FMU) Três estudantes fizeram as seguintes afirmações sobre os vegetais:  
Estudante I: A respiração ocorre continuamente nas plantas.  
Estudante II: Em presença da luz, as plantas respiram e fazem fotossíntese.  
Estudante III: durante o dia, as plantas só realizam fotossíntese e, à noite, respiram.  
Destas afirmações:
  - a) só a do Estudante I é verdadeira
  - b) só a do Estudante II é verdadeira
  - c) só a do Estudante III é verdadeira
  - d) só as dos Estudantes I e II são verdadeiras



5. (UFSCAR) Se as plantas que têm pigmentos fotossintéticos forem colocadas na presença solar, durante o dia, ou na sua ausência, à noite, pode-se afirmar, com relação aos fenômenos de fotossíntese e respiração, que:
- Durante o dia, ocorrem respiração e fotossíntese e, durante a noite, respiração.
  - Durante o dia, ocorre fotossíntese e, durante a noite, respiração.
  - Durante o dia, ocorre respiração e, durante a noite, fotossíntese.
  - Durante o dia, ocorrem respiração e fotossíntese e, durante a noite, nenhum destes fenômenos.
  - Durante o dia, não ocorre nenhum destes fenômenos e, durante a noite, ambos.
6. (CESCEM) As equações:
- $$(CH_2O) + 2 NADP + H_2O \longrightarrow CO_2 + 2 NADPH_2$$
- $$2 NADPH_2 + O_2 \longrightarrow 2 NADP + 2 H_2O$$
- resumem:
- o processo de respiração
  - as etapas fotoquímica e química da fotossíntese
  - o processo da quimiossíntese
  - a etapa fotoquímica da fotossíntese
  - a etapa química da fotossíntese
7. (PUC) Sendo  $Q R_1$ ,  $Q R_2$  e  $Q R_3$  os quocientes respiratórios das reações de oxidação dos ácidos málico ( $C_4H_6O_5$ ), oxálico ( $C_2H_2O_4$ ) e esteárico ( $C_{18}H_{36}O_2$ ), podemos dizer que:
- $Q R_1 = Q R_2 = Q R_3$
  - $Q R_3 > Q R_2 > Q R_1$
  - $Q R_2 > Q R_1 > Q R_3$
  - $Q R_3 = Q R_2 < Q R_1$
  - $Q R_1 = Q R_3 > Q R_2$
8. (CESCEM) Para determinar a natureza química das reservas em sementes das espécies I e II, calcularam-se os quocientes respiratórios para os dois tipos de sementes em germinação, utilizando-se os dados que constam na tabela abaixo. As medidas de  $CO_2$  e de  $O_2$  são dadas em mililitros.

ESPÉCIE I		ESPÉCIE II	
$CO_2$	$O_2$	$CO_2$	$O_2$
5,1	7,5	10,0	9,8
4,0	5,0	12,0	12,1
13,0	17,5	25,4	25,2
9,0	13,3	4,1	4,4
2,5	4,0	24,5	22,1

Calculando-se os quocientes respiratórios para ambas espécies, é possível supor que:

- As sementes da espécie I e II armazenam carboidratos.
- As sementes da espécie I armazenam lipídeos e as da espécie II armazenam carboidratos.
- As sementes da espécie I armazenam proteínas e as da espécie II armazenam lipídeos.
- As sementes da espécie II precisam de mais oxigênio que as da espécie I.
- As sementes da espécie I resistem menos às condições anaeróbicas que as da espécie II.



# Absorção, Transporte e Transpiração

---

## 1. Absorção vegetal

Para a produção de compostos orgânicos os vegetais precisam de certos gases, nutrientes minerais e água.

Os gases penetram na planta predominantemente por aberturas, denominadas *estômatos*, localizadas nas folhas. A absorção se faz por *difusão*, um processo que envolve movimentos de íons e moléculas de um lugar para outro. O movimento de partículas em geral ocorre do meio onde existem em maior concentração para o de menor concentração. Contudo, o movimento pode ocorrer em sentido inverso.

Os gases indispensáveis aos vegetais são o oxigênio, o gás carbônico e o nitrogênio. O oxigênio é produzido pela fotossíntese. Sua concentração é maior no interior da planta que no ar atmosférico e por isso se difunde para o meio externo. O gás carbônico é utilizado na fotossíntese. Sua concentração no ar atmosférico é maior que no interior da planta, daí difundir-se para esta. Como a fotossíntese depende da luz, no escuro a situação se inverte. O planta deixa de fazer fotossíntese e continua respirando. Por isso há entrada de oxigênio e saída de gás carbônico.

A absorção de *sais* é feita pelas raízes e envolve gasto de energia. É portanto um processo que envolve gasto de energia, sendo a energia requerida obtida através da respiração celular. Note-se que os sais podem ser absorvidos sem que haja absorção de água. Os sais absorvidos são classificados em macronutrientes e micronutrientes. Macronutrientes são os elementos requeridos em grande quantidade pela planta. É o caso de nitrogênio, enxofre, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e amônia. Micronutrientes são os elementos requeridos em pequena quantidade: manganês, boro, ferro, cobre, zinco e molibdênio.

A água é absorvida por *embebição* e *osmose*. A embebição se faz por difusão da água do meio de maior pressão para o de menor pressão. É o que ocorre com as sementes no início da germinação. A osmose é a passagem de solventes por meio de membranas semipermeáveis. Estas deixam passar através de si solventes mas não solutos. A pressão que permite a passagem dos solventes é denominada pressão osmótica. Verifica-se que



há passagem de maior quantidade de solvente do meio menos para o meio mais concentrado.

A osmose é o mecanismo de entrada de água nas células vegetais. Quando se coloca uma célula murcha numa solução menos concentrada que o seu citoplasma, observa-se entrada de água graças à pressão osmótica. Essa pressão, que faz a água entrar, recebe o nome de *sucção interna* (Si) ou *pressão osmótica do suco celular* (PO). Contudo, a medida que a água entra, há um aumento do volume citoplasmático e este passa a exercer pressão sobre as paredes da membrana celulósica. Essa pressão é denominada *pressão de turgescência* ou de *turgor* (PT). Como porém, a membrana celulósica é rígida também ela passa a exercer uma pressão contrária à pressão de turgor denominada *pressão de membrana* (M). A pressão de membrana tem valor numérico igual à pressão de turgor e é contrária à entrada de água.

A entrada de água na célula vegetal depende do antagonismo entre a sucção interna e a pressão de membrana. À diferença entre as duas dá-se o nome de *sucção celular* (Sc) ou *deficit de pressão de difusão* (DPD). Portanto temos:

$$\boxed{Sc = Si - M} \quad \text{ou} \quad \boxed{DPD = PO - PT}$$

Vejamos agora algumas situações concretas imaginando que, em todas elas, a célula em questão esteja mergulhada numa solução menos concentrada que o seu citoplasma. Se uma célula está turgida (cheia de água)  $Si = M$  e então  $Sc = 0$  e portanto não há entrada de água. Se uma célula está semitúrgida,  $Si > M$  e portanto há entrada de água. Se uma célula estiver murcha  $M = 0$  e portanto  $Sc = Si$ , haverá entrada de água. Se uma célula perder muita água para o meio externo, haverá retração da membrana de celulose. Como esta tende a voltar à posição normal, M se torna negativo e teremos:  $Sc = Si - (-M)$ , logo,  $Sc = Si + M$ . Haverá entrada de água.

## 2. Transporte

As traqueófitas (pteridófitas e fanerógamas) são plantas vasculares, isto é, possuem vasos para a condução de seiva. A presença de vaso lhes permite alcançar maior porte que as talófitas e as briófitas. Isso se explica porque pelos vasos há um transporte mais rápido de seiva suprindo-se assim as necessidades das células vegetais com maior presteza.

Distinguem-se dois tipos de seiva: a bruta e a elaborada. A *seiva*



*bruta* é constituída por água e sais minerais. É retirada do solo pelas raízes de onde é transportada até as folhas. Esse transporte se faz por meio do *lenho* ou *xilema*. Os vasos lenhosos são constituídos por células mortas, alongadas e com paredes lignificadas. Há dois tipos de vasos lenhosos: *traquéias* e *traqueídes*. As *traquéias*, encontradas em angiospermas, são tubos contínuos por onde a seiva bruta circula livremente. As *traqueídes*, encontradas em gimnospermas, são vasos que mantêm os septos transversais das células que os formaram. Estes septos possuem contudo perfurações por onde passa a seiva bruta.

A *seiva elaborada* é constituída por uma solução de substâncias orgânicas. É produzida nas folhas pela fotossíntese. De lá deve ser transportada, em geral em sentido descendente, a todas as partes da planta. Esse transporte se faz por meio do *líber* ou *floema*. Os vasos liberianos são constituídos por células vivas, anucleadas, que apresentam entre si, nas faces transversais, perfurações para a passagem de seiva elaborada. Estas perfurações constituem as *placas crivadas* e nelas é freqüente o depósito do açúcar calose. Ao lado das células que constituem o líber, e em comunicação com estas por meio de poros, há células denominadas companheiras. Acredita-se que as companheiras controlem o metabolismo das células do vaso.

### *O transporte da seiva bruta*

A teoria mais aceita para explicar o transporte da seiva bruta é a da *coesão-tensão*, proposta por Dixon. Segundo essa teoria a ascensão da seiva bruta no interior dos vasos lenhosos deve-se a uma força de sucção, gerada pela transpiração foliar. As células perdem água, por transpiração e, em consequência, a sua *sucção interna* aumenta. Com isso instala-se uma *tensão* negativa no interior do xilema e a coluna de água é puxada para cima. A coluna de água não se rompe por causa da grande *coesão* entre suas moléculas e pela adesão destas à parede dos vasos lenhosos. Desse modo, a água perdida pela transpiração é retirada do caule, que, por sua vez, a retira das raízes. Estas absorvem água do solo.

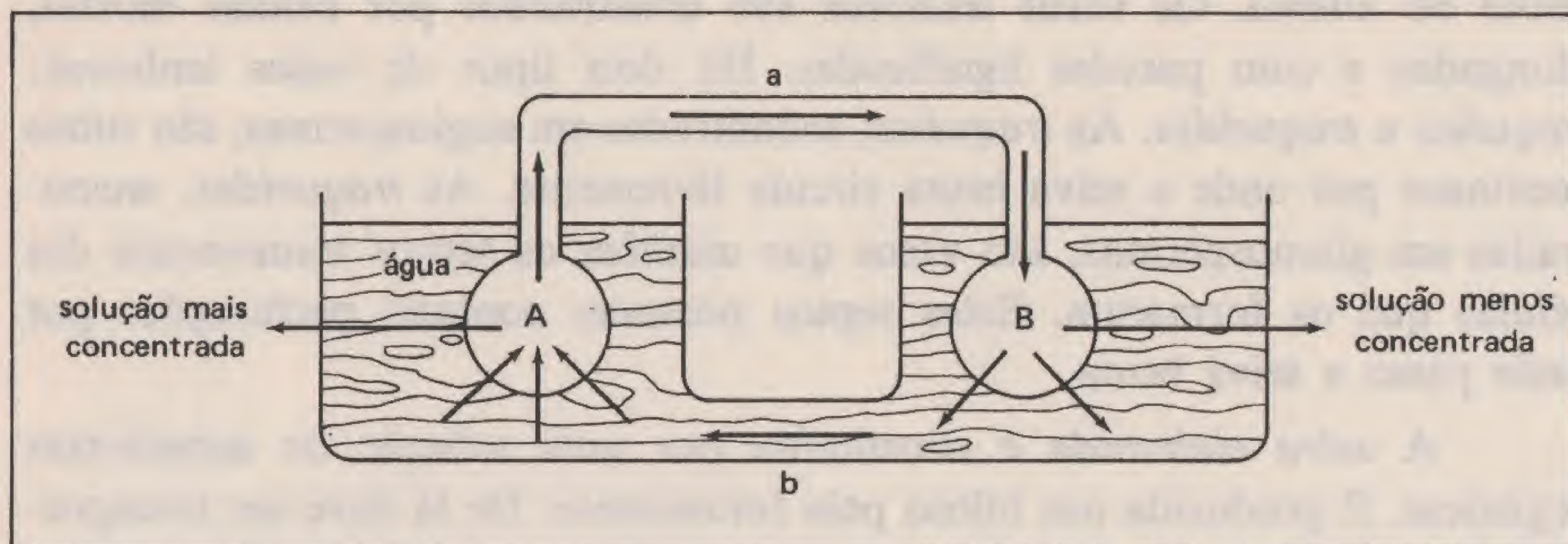
### *O transporte da seiva elaborada*

O transporte da seiva elaborada é explicado pela teoria do *fluxo de pressão*, proposta do Münch.

Münch demonstrou sua teoria fazendo uso de um modelo físico: mergulhou dois osmômetros (balões de membranas semipermeáveis) *A* e



*B*, ligados por um tubo *a*, num recipiente contendo água pura. O recipiente era constituído por dois vasos interligados por um tubo *b*.



O osmômetro *A* foi preenchido por uma solução mais concentrada que a do osmômetro *B*. Inicialmente, por causa da pressão osmótica, há entrada de água em *A* e *B*. Como a concentração da solução em *A* é maior que em *B*, há entrada de mais água em *A* que em *B*. O excesso de água em *A* arrasta moléculas de soluto para *B* através do tubo *a*. Cria-se portanto uma corrente de *A* para *B*. Quando, por causa do acréscimo de água em *B*, a pressão hidrostática tornar-se maior que a pressão osmótica, esse osmômetro passará a eliminar água para o recipiente. Há em consequência aparecimento, no tubo *b*, de uma corrente de água de *B* para *A*.

Se a diferença de concentração entre *A* e *B* fosse mantida o movimento circular de água estabelecido continuaria indefinidamente.

Esse modelo físico apresenta as seguintes correspondências na planta viva: *A* é a folha na qual a concentração é alta graças à produção de açúcares pela fotossíntese; *B* é a raiz onde a concentração é baixa; o tubo *a* é o líber que conduz a seiva de *A* para *B*; o tubo *b* é o lenho que transporta água de *B* para *A*.

Portanto, segundo Münch, o transporte da seiva elaborada se faz em consequência da diferença de concentrações observada entre as folhas e as raízes.

### 3. Transpiração vegetal

Transpiração é a perda de vapor d'água por uma planta. É realizada principalmente pelas folhas. Em vegetais como o cactus, que tem suas folhas modificadas em espinhos, a transpiração se faz pelos caules suculentos e verdes.

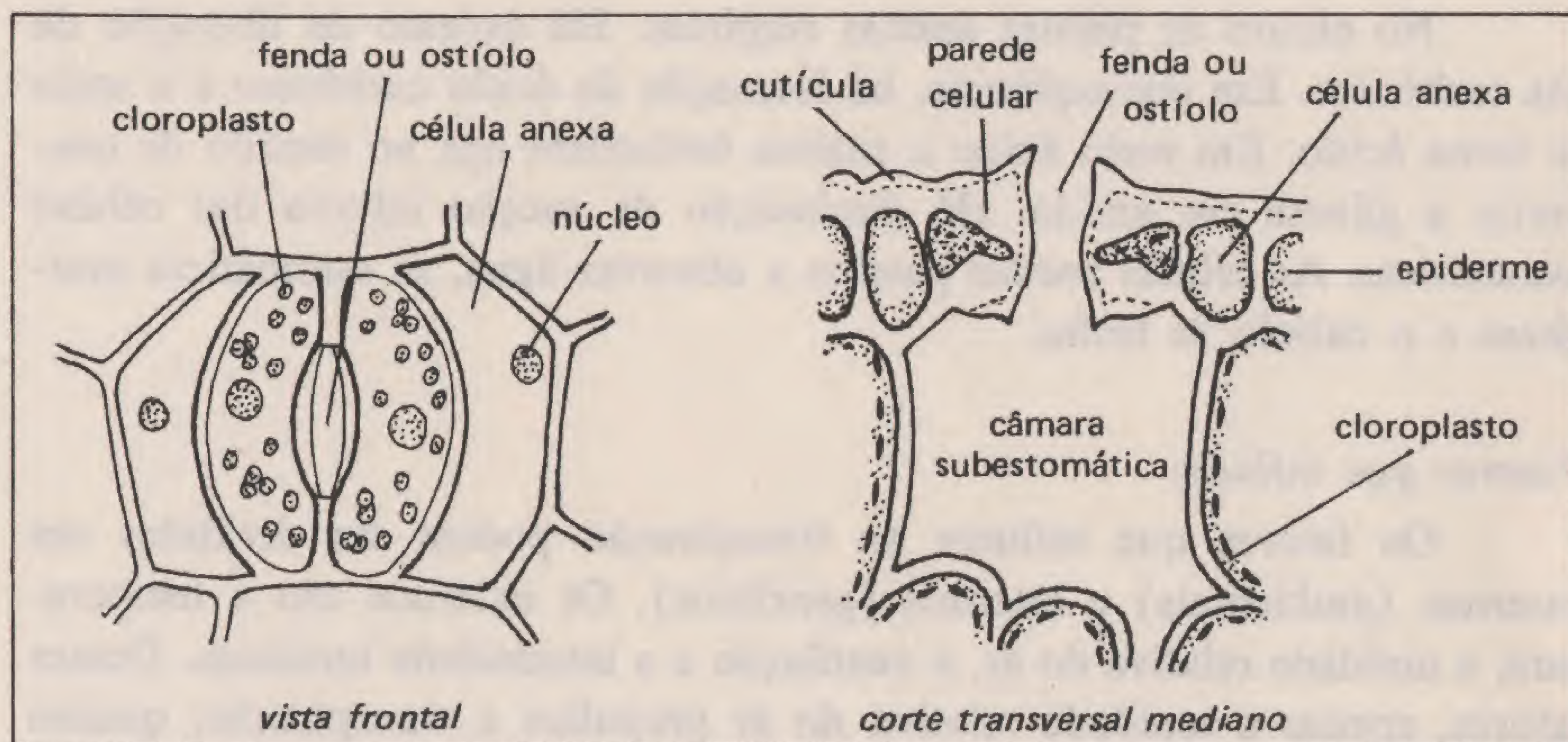
A água é perdida, em sua maior parte, pelos estômatos. O restante se perde pela cutícula que reveste a epiderme das folhas. Por isso se diz que



a transpiração total ( $T_t$ ) de uma folha é igual à transpiração estomática ( $T_e$ ) mais a transpiração cuticular ( $T_c$ ). Portanto temos:  $T_t = T_e + T_c$ .

### Os estômatos

Estômatos são estruturas localizadas na epiderme das folhas. Cada estômato é formado por duas células denominadas *estomáticas*. Elas têm a forma de rins e delimitam um orifício denominado *ostíolo* ou *fenda*. Ao lado das células estomáticas há duas ou mais *células anexas*. As células estomáticas ou guardas possuem um maior espessamento na face voltada para o ostíolo. O lado oposto, em contato com as células anexas, é bastante delgado. Abaixo das células descritas há uma câmara subestomática. Esta está ligada aos espaços intercelulares para onde converge o vapor d'água eliminado pelas células. Portanto a água eliminada por estas sob a forma de vapor vai para os espaços intercelulares e daí para a câmara subestomática de onde alcança o meio externo pela fenda estomática.



Estômato

Os estômatos podem abrir-se ou fechar-se permitindo ou não a passagem de vapor d'água. Dessa forma controlam a transpiração. Há dois mecanismos de abertura e fechamento dos estômatos: o hidroativo e o fotoativo.

O *mecanismo hidroativo* se deve à variação do turgor ou quantidade de água existente nas células estomáticas. Quando estas se enchem de água, retirada das células vizinhas, há abertura da fenda. Isto ocorre porque, estando as células estomáticas túrgidas, as paredes celulares sem reforços são pressionadas para fora. Se as células estomáticas perdem água para as



vizinhas o estíolo se fecha. Assim, quando a planta está bem suprida de água as células estomáticas ficam túrgidas, os ostíolos se abrem e há transpiração. Se a planta estiver com deficiência de água, as células estomáticas perdem água e o ostíolo se fecha. Desse modo há redução de perda de água para o meio.

O *mecanismo fotoativo* é dependente da luz. Na presença de luz os estômatos se abrem. Isso porque os cloroplastos das células estomáticas realizam fotossíntese consumindo muito gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ). Com isso há diminuição do teor de ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ) com conseqüente alteração do pH das células estomáticas. Estas tornam-se alcalinas e, nesse meio, uma enzima do tipo fosforilase atua sobre o amido transformando-o em glicose. A glicose, ao contrário do amido, é solúvel em água e com isso há aumento da sucção interna (pressão osmótica) do suco celular das células estomáticas. Há entrada de água o que torna as células túrgidas. Verifica-se então abertura do ostíolo, ocorrendo transpiração.

No escuro as plantas apenas respiram. Há excesso de liberação de gás carbônico. Em conseqüência, há formação de ácido carbônico e o meio se torna ácido. Em meio ácido a enzima fosforilase age no sentido de converter a glicose em amido. Há diminuição da sucção interna das células estomáticas. As células anexas passam a absorver água, as estomáticas murcham e o ostíolo se fecha.

### *Fatores que influem*

Os fatores que influem na transpiração podem ser divididos em externos (ambientais) e internos (genéticos). Os externos são a temperatura, a umidade relativa do ar, a ventilação e a intensidade luminosa. Desses fatores, apenas a umidade relativa do ar prejudica a transpiração; quanto maior o teor de vapor d'água no ar atmosférico menor a transpiração.

Os fatores internos dizem respeito ao número e localização dos estômatos. Quanto maior o número de estômatos maior será a taxa de transpiração vegetal. Além disso, quanto mais escondidos estiverem (na face ventral da folha) menor será a transpiração.

## **4. Sudação ou gutação**

Sudação ou gutação é a eliminação de água sob a forma líquida. A água é eliminada por meio de poros especiais existentes nas margens das folhas, os *hidatódios*.



## 5. Exercícios

1. (Franciscanas) Num experimento com folhas de hortelã, determinou-se que os valores da Sucção Celular ( $S_c$ ) e Sucção Interna ( $S_i$ ) eram respectivamente 20 atm e 30 atm. Podemos deduzir que a resistência da membrana celulósica terá um valor igual a:

a) - 10 atm  
b) 10 atm  
c) 50 atm  
d) - 70 atm  
e) 60 atm

2. (PUC) Chamando de  $S_i$  a sucção interna de uma célula vegetal;  $S_c$ , a sucção celular total; e  $M$ , a pressão da parede, a célula irá absorver água quando:

a)  $S_i > M$ , portanto  $S_c > 0$   
b)  $S_i > M$ , portanto  $S_c = 0$   
c)  $S_i = M$ , portanto  $S_c = 0$   
d)  $S_i < M$ , portanto  $S_c > 0$   
e) n.d.a.

(Santa Casa) Explicações para as questões 3 e 4.

Chamamos de  $S_c$  a sucção celular total, de  $S_i$  a sucção interna e de  $M$  a resistência da parede celular.

3. A partir do momento em que uma célula vegetal, retirada da planta em condições normais, é colocada em uma solução hipertônica em relação ao seu suco celular:

a) O valor de  $S_i$  tende a aumentar.  
b) O valor de  $S_c$  não se altera, pois a variação de  $S_i$  é compensada pela variação de  $M$ .  
c) Os valores de  $S_c$ ,  $S_i$  e  $M$  tendem a diminuir.  
d) Enquanto os valores de  $S_c$  e de  $M$  aumentam, o de  $S_i$  tende a diminuir.  
e) O valor de  $M$  não varia.

4. Se uma célula vegetal, retirada de uma planta em condições normais e colocada em uma solução, atingir após um certo tempo o estado turgescente, isso quer dizer que:

a) A solução em que foi colocada tal célula era hipotônica em relação ao seu suco celular.  
b)  $M$  atingiu seu valor mínimo.  
c)  $S_c$  atingiu seu valor máximo.  
d)  $M$  e  $S_c$  atingiram valores iguais mas com sinais contrários.  
e)  $S_i$  passa a ter valor negativo.

5. (Un. Mogi das Cruzes) Considerando:  $DPD$  = déficit de pressão de difusão;  $PO$  = pressão osmótica do suco celular;  $PT$  = pressão de turgor, assinale a alternativa que representa uma célula vegetal plasmolisada:

a)  $PT = 0$  e  $DPD > PO$   
b)  $PT < 0$  e  $DPD = PO$   
c)  $PT > PO$  e  $DPD = 0$   
d)  $PT = 0$  e  $DPD = PO$   
e)  $PT > 0$  e  $DDP < PO$

6. (CESCEM) De acordo com a teoria da coesão-tensão, quando uma árvore perde as folhas no inverno:

a) os vasos lenhosos perdem a água que continham e ficam fora de função  
b) as células do caule e da raiz morrem por falta de alimento  
c) as células da raiz passam a absorver água do solo por transporte ativo  
d) cessa a subida da seiva bruta nos vasos lenhosos, que continuam cheios de água  
e) cessa a pressão das raízes, que impulsiona a água no xilema



7. (PUC) Em geral, quanto mais rapidamente uma planta perde  $H_2O$ , tanto mais rapidamente ela absorve  $H_2O$  do solo. Isto se deve ao fato de que:
- a) A planta excreta apenas  $H_2O$  que for capaz de absorver.
  - b) Variações na absorção fazem aumentar ou diminuir a quantidade de  $H_2O$  que pode ser eliminada.
  - c) A coluna de  $H_2O$  existente no xilema, entre o mesófilo e a raiz, está em tensão, devido à coesão entre as suas moléculas.
  - d) Os pêlos absorventes são alterados quantitativamente.
  - e) n.d.a.
8. (Fund. Carlos Chagas) Os vasos lenhosos dos vegetais transportam:
- a) água pura, filtrada através das camadas celulares da raiz
  - b) água e íons minerais em solução
  - c) água e glicose
  - d) água e amido
  - e) água, glicose e amido
9. (CESCEM) As afirmações abaixo numeradas referem-se ao transporte de materiais nas plantas.
- I – O transporte é feito em células vivas.
  - II – O transporte pode ser bidirecional.
  - III – O transporte cessa quando a planta perde as folhas.
  - IV – Apenas há transporte de substâncias solúveis.
- Dessas afirmações, referem-se ao transporte da seiva elaborada apenas:
- a) II e III
  - b) I, II e III
  - c) I, II e IV
  - d) I, III e IV
  - e) II, III e IV
10. (CFSCM) Numa traquéia do lenho, já diferenciado, encontramos:
- a) Todos os elementos de uma célula vegetal, estando a seiva bruta no seu vacúolo.
  - b) Todos os elementos componentes de uma célula vegetal, com exceção dos cloroplastos; a seiva bruta localiza-se no seu vacúolo.
  - c) Apenas a parede celular e o vacúolo, onde está a seiva bruta.
  - d) Apenas os reforços de lignina e a seiva; os restos da parede, citoplasma, núcleo etc. foram reabsorvidos.
  - e) Apenas a parede celular com seus reforços, sendo a luz preenchida pela seiva bruta.
11. (UFSCAR) A gutação e a transpiração são fenômenos pelos quais ocorrem eliminação de água das plantas, respectivamente:
- a) na forma de vapor, através dos hidatódios e, na forma líquida, através dos estômatos
  - b) na forma líquida, através dos hidatódios e, na forma de vapor, principalmente através dos estômatos
  - c) na forma líquida, através dos estômatos e, na forma de vapor, principalmente através da cutícula
  - d) na forma líquida, através dos hidatódios e, na forma de vapor, principalmente através da cutícula
  - e) na forma líquida, através da cutícula e, na forma de vapor, principalmente através dos estômatos



12. (CESCEM) Quando os estômatos de uma planta se fecham, o primeiro fenômeno a apresentar alterações é a:
- a) fotossíntese
  - b) fermentação
  - c) condução
  - d) transpiração
  - e) respiração
13. (FGV) Através dos estômatos, as plantas:
- a) absorvem água
  - b) percebem a luz
  - c) percebem a gravidade
  - d) absorvem água e expelem  $O_2$  e  $CO_2$
  - e) expelem água,  $CO_2$  e  $O_2$ ; absorvem  $O_2$  e  $CO_2$
14. (CESCEM) Os movimentos de abertura e fechamento dos estômatos são consequência de:
- a) crescimento fototrópico das células estomáticas
  - b) variações de turgescência das células estomáticas
  - c) movimentos de tactismo das células estomáticas
  - d) plasmólise nas células estomáticas
  - e) crescimento hidro e fototrópico das células estomáticas
15. (Fac. Belas Artes) A abertura dos ostíolos vegetais processa-se:
- a) quando as células estomáticas estão túrgidas
  - b) apenas quando houver pequena umidade no meio ambiente
  - c) independentemente das variações osmóticas das células estomáticas
  - d) quando a folha estiver com saturação de gás carbônico
16. (PUC) Assinale a alternativa que está *errada*:
- a) Os movimentos estomáticos são regulados por mecanismos fotoativos e hidroativos.
  - b) Quando os estômatos estão abertos, a folha perde água, impedindo a entrada de gás carbônico.
  - c) Com os estômatos abertos, a folha perde água por transpiração estomatar.
  - d) No escuro os estômatos se fecham porque a pressão osmótica das células-guarda diminui.
  - e) Na presença de luz os estômatos se abrem porque a pressão osmótica das células-guarda aumenta.
17. (CCV/CE) A reação mais imediata da planta à pouca disponibilidade de água no solo é a(o):
- a) queda das folhas
  - b) fechamento dos estômatos
  - c) formação da camada de cera nas folhas
  - d) armazenamento de água em tecidos especiais
18. (Fund. Carlos Chagas) Qual das condições abaixo exerce *menor* efeito no fechamento ou abertura dos estômatos?
- a) temperatura
  - b) variação entre dia e noite
  - c) umidade do ar
  - d) concentração de oxigênio
  - e) quantidade de água no solo



# *Crescimento e Desenvolvimento Vegetal*

---

O crescimento e o desenvolvimento vegetais dependem de fatores internos e externos à planta. Os fatores internos compreendem o patrimônio genético, os hormônios e as vitaminas. Os externos ou ambientais são a luz, a temperatura, a água, o oxigênio, o gás carbônico e os nutrientes minerais. Analisaremos alguns desses fatores.

## **1. Hormônios vegetais**

Hormônios vegetais ou fitormônios são substâncias orgânicas que, elaboradas em determinadas partes da planta, são transportadas para lugares onde afetam o crescimento e o desenvolvimento. Os principais hormônios vegetais são: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico.

### *Auxinas*

Auxinas são hormônios responsáveis pelo crescimento vegetal. Em 1928 Fritz Went fez experiências utilizando plântulas de aveia (*Avicena sativa*) no sentido de esclarecer as funções da substância responsável pelo crescimento vegetal. Nestas plântulas há uma espécie de capuz denominado *coleóptile*. O coleóptile protege a gêmula da planta quando esta emerge do solo. Went cortou as pontas de várias coleóptiles de plântulas de aveia e colocou-os sobre placas de ágar. Observou que as plântulas pararam de crescer. Algum tempo depois Went colocou apenas as placas de ágar sobre o ápice das plântulas anteriormente decapitadas. Observou então que estas voltavam a crescer. Disso concluiu que uma substância havia fluído desde as coleóptiles para as placas de ágar. Destas, a substância passou para as plantas fazendo-as crescer novamente.

Essa substância é a auxina. A primeira auxina isolada foi o ácido indolilacético (AIA). O AIA existe em sementes em germinação, meristemas em cicatrização, folhas jovens e frutos. É sintetizado a partir do aminoácido triptofano, sempre transportado no sentido do ápice-base da planta, ele é fotodestrutível e parece ser transportado pelo floema. Além do AIA há outras auxinas sintéticas utilizadas na agricultura: ácido 2-4 dicloro-fenoxi-acético (2,4 D-herbicida), ácido  $\alpha$ -naftaleno-acético (ANA — pro-



move a floração do abacaxi) e o ácido  $\alpha$ -naftoxi-acético (NOA — usado na obtenção de frutos partenocárpicos).

Nas raízes observa-se que o crescimento é inversamente proporcional à concentração de auxina. Os caules apresentam crescimento diretamente proporcional à concentração de auxina. A aplicação de auxina em estacas caulinares estimula a formação de raízes adventíceas. Teores mais elevados de auxinas em folhas, flores e frutos que no caule impedem a queda desses órgãos. As folhas, por exemplo, só caem quando a concentração de auxina que possuem torna-se inferior à do caule. Além destas ações sabe-se que a auxina elaborada pela gema apical do ramo principal inibe o desenvolvimento das gemas laterais do caule. É a chamada dominância apical.

### *Giberelinas*

As giberelinas são hormônios produzidos por fungos e vegetais superiores.

Os locais de produção são o embrião das sementes, o meristema apical do caule e as folhas jovens. Conhecem-se inúmeras giberelinas. A primeira a ser identificada estruturalmente foi o ácido giberélico ( $A_3$  ou  $AG_3$ ).

As giberelinas promovem o crescimento e a distensão celular. Seus efeitos gerais são estimular o crescimento de plantas geneticamente anãs, promover a quebra da dormência das sementes e induzir a floração em plantas de dias longos. Além disso induzem a partenocarpia, ou seja, estimulam o desenvolvimento de frutos mesmo que não ocorra a fecundação.

### *Citocininas*

As citocininas são hormônios derivados da base nitrogenada adenina. São encontradas predominantemente em sementes em germinação e frutos jovens.

O principal efeito das citocininas é a estimulação da divisão celular. Além disso, elas promovem o crescimento e o retardamento da senescência foliar, o desenvolvimento de frutos, a germinação e a liberação da dominância apical das gemas.

Auxinas, giberelinas e citocininas interagem numa mesma planta e assim estimulam o crescimento e o desenvolvimento vegetal.



## *Etileno*

O etileno é um hidrocarboneto volátil. É encontrado em raízes, caules sem folhas, flores, frutos e certos fungos. Age na maturação de frutos, indução da floração em plantas como o abacaxi, abscisão de folhas etc. Uma maçã podre em meio a outras sadias provoca a deterioração destas. Isso ocorre porque o etileno volátil se propaga desde o fruto podre aos sadios.

## *Ácido abscísico*

O ácido abscísico apresenta efeitos contrários aos dos hormônios estimulantes do crescimento e desenvolvimento vegetal. Assim é que induz a queda de folhas e frutos, retarda ou inibe o crescimento de raízes, embriões e germinação das sementes em várias espécies. Além disso induz o estado de dormência nas plantas, tornando possível a sua sobrevivência em condições adversas.

## **2. Ação da luz**

A luz é fundamental à vida vegetal por ser indispensável à fotossíntese. Mas além disso influencia o crescimento e o desenvolvimento vegetal. É o que veremos ao estudar o fotoblastismo, o estiolamento, o fotoperiodismo e o fototropismo.

### *Fotoblastismo*

Denomina-se fotoblastismo a influência da luz sobre a germinação das sementes. Existem sementes que, para germinar, exigem luz. São ditas *fotoblásticas positivas*. É o caso das sementes da alface e das de certas plantas epífitas. As sementes que não necessitam de luz para germinar são ditas *fotoblásticas negativas*. Como exemplo temos as sementes de certas variedades de melancia.

Verifica-se que do espectro da luz branca as radiações que têm maior efeito sobre a germinação são aquelas cujo comprimento de onda é da ordem de  $660\text{ m}\mu$ , denominadas *vermelho curto* (VC). Já as radiações da ordem de  $730\text{ m}\mu$ , denominadas *vermelho longo* (VL), inibem a germinação. O VC promove a germinação de sementes fotoblásticas positivas e negativas. Efeito oposto observa-se em relação a ação do VL sobre as mesmas sementes. Se contudo essas sementes forem irradiadas primeiro com VC e depois com VL, elas não germinam. Disso se conclui que o VL é capaz de anular o efeito do VC.



As diferentes ações do VC e do VL se devem à existência de um pigmento, o *fitocromo*. Este pigmento, de cor azul, existe em duas formas. Uma delas é denominada  $P_{660}$  por ser capaz de absorver o VC. A outra,  $P_{730}$  por absorver o VL. O fitocromo  $P_{660}$  ao absorver as radiações do VC transforma-se em  $P_{730}$ . O fitocromo  $P_{730}$  ao absorver o VL converte-se em  $P_{660}$ . O fitocromo  $P_{730}$  é uma forma ativa desse pigmento e promove a germinação da semente. A forma  $P_{660}$  inibe a germinação.

### *Estiolamento*

Dá-se o nome de *estiolamento* ao fato de certas sementes, ao germinar no escuro, originarem plantas com caule exageradamente longos, aclo-rofilados e com folhas menores que as normais. Se estas plantas, ditas estioladas, forem iluminadas com VC observa-se que o caule diminui o seu ritmo de crescimento, sendo que as folhas crescem normalmente. Já o VL faz com que o estiolamento continue. Estes efeitos dependem da absorção feita pelo fitocromo. O  $P_{660}$  absorve o VC e promove o estiolamento. O  $P_{730}$  absorve o VL e inibe o processo.

### *Fotoperiodismo*

A duração dos períodos de claridade e obscuridade a que uma planta fica exposta durante as 24 horas do dia tem implicações em seu crescimento e desenvolvimento. A floração, por exemplo, é influenciada pelo tempo de exposição da planta à luz. O tempo de exposição à luz necessária para o florescimento é denominado *fotoperíodo*. *Fotoperíodo crítico* é um determinado valor em horas de iluminação que, quando ultrapassado, altera a floração. Fotoperiodismo é a resposta das plantas a diferentes fotoperíodos.

Distinguem-se três categorias de plantas quanto à influência da luz sobre a floração: de dias curtos, de dias longos e indiferentes ou neutras. As *plantas de dias curtos* são as que só florescem quando expostas a um fotoperíodo abaixo de um determinado fotoperíodo crítico. São exemplos feijão, café, tabaco, crisântemo, orquídea etc. *Plantas de dias longos* são as que só florescem se expostas a um fotoperíodo mais longo que um fotoperíodo crítico. É o caso de espinafre, alface, rabanete, trevo etc. E as *plantas indiferentes* ou *neutras* são as cujo florescimento independe da duração dos fotoperíodos a que estão expostas. São exemplos o pimentão, o tomate e o milho.

Em relação às plantas de dias curtos sabe-se que o florescimento



em verdade depende do período de duração de escuro e não do tempo de exposição à luz. As plantas de dias longos comportam-se de modo diverso: se um longo período de escuro desfavorável for interrompido, elas florescem.

A interrupção do período de escuro em plantas de dias curtos com o VC inibe a floração. Se contudo essas plantas forem iluminadas primeiro com VC e depois com VL, elas florescem como se o período de escuro não tivesse sido interrompido.

### *Fototropismo*

A palavra tropismo diz respeito aos movimentos de crescimento que as plantas apresentam como resposta a estímulos externos. São movimentos orientados na direção do estímulo. Os tropismos são ditos *positivos* quando o movimento se processa no sentido do estímulo e *negativos* quando em sentido contrário. Veja-se o caso do *geotropismo* que é o movimento de crescimento segundo a direção da gravidade. As raízes apresentam geotropismo positivo pois crescem no sentido da gravidade. Os caules possuem geotropismo negativo pois crescem em sentido oposto ao da gravidade.

*Fototropismo* é o movimento de crescimento no sentido da luz. Em geral, as raízes apresentam fototropismo negativo e os caules fototropismo positivo. A iluminação de apenas um dos lados de um caule provoca o seu crescimento verificando-se que ele se curva em direção à luz. Isso ocorre porque as auxinas fluem do lado iluminado para o obscurecido, promovendo um maior crescimento deste. Em consequência, o ápice do caule se curva em direção à luz.

Quando a resposta a estímulos independe do sentido e direção dos estímulos fala-se em *nastismos*.

### **3. Ação da temperatura**

Algumas plantas têm seu crescimento e desenvolvimento mais acentuado quando submetidas a uma alteração das temperaturas diurna e noturna. Para o tomateiro, por exemplo, o ideal é que a temperatura noturna seja menos elevada que a diurna.

A temperatura pode também afetar a floração. Dá-se o nome de *vernalização* a indução da floração pelo frio. Certas variedades de cenoura, por exemplo, necessitam passar por períodos de frio para que a sua floração seja induzida.



## 4. Exercícios

1. (CESESP/PE) Entre os fito-hormônios responsáveis pela regulação do crescimento das plantas, podemos citar:
  - a) ACTH (adrenocorticotrófico)
  - b) FSH (folículo estimulante)
  - c) STH (somatotrófico)
  - d) AIA (ácido indol acético)
  - e) MIT (monoiodo tirosina)
2. (CESCEM/Londrina) Coleóptiles de gramíneas, cujos ápices tenham sido cortados, crescerão se, sobre as superfícies cortadas, colocarmos:
  - a) ágar-ágar
  - b) vaselina
  - c) folhas primárias, retiradas do interior das coleóptiles
  - d) folhas intactas de gramíneas
  - e) ácido indolil-acético
3. (FUVEST) Um dos gases liberados por automóveis é o etileno. Este gás poderá causar nas plantas:
  - a) queda das folhas
  - b) aumento da pilosidade das raízes
  - c) retardamento da senescência foliar
  - d) maior crescimento longitudinal dos ramos
  - e) retardamento da degradação da clorofila
4. (CESCEM) Considere as seguintes afirmações:
  - I – O crescimento nas plantas ocorre em regiões onde existem meristemas.
  - II – As auxinas influenciam diferentemente o crescimento do caule e da raiz.
  - III – Nas plantas, o crescimento é regulado por hormônios.Dessas afirmações,
  - a) apenas I é verdadeira
  - b) apenas II é verdadeira
  - c) apenas III é verdadeira
  - d) apenas II e III são verdadeiras
  - e) I, II e III são verdadeiras
5. (Mogi) Assinale a alternativa incorreta:

As auxinas, quando aplicadas artificialmente, podem:

  - a) impedir a queda precoce dos frutos
  - b) estimular a formação de raízes adventícias em estacas caulinares
  - c) induzir partenocarpia
  - d) agir como herbicidas
  - e) promover o brotamento dos tubérculos de batata estocados
6. (UFPA) Identifique a única alternativa incorreta quanto às atividades das auxinas nos vegetais:
  - a) Influenciam a distensão da parede celular.
  - b) Nos caules e nas raízes são sintetizadas em maior quantidade nas regiões apicais.



- c) São conduzidas no corpo vegetal sempre no sentido ápice-base.
- d) Exercem efeito inibidor sobre as gemas axilares.
- e) Sua influência sobre os tropismos é nula.

7. (UFCE) As auxinas, hormônios vegetais são produzidos no(s):

- a) meristemas secundários
- b) meristemas apicais
- c) botão floral
- d) albume da semente

8. (PUC) A giberelina é:

- a) um hormônio vegetal
- b) o pigmento respiratório dos nematelmintos
- c) a enzima necessária para a hidrólise do ATP
- d) uma substância encontrada nos lisossomos dos animais superiores, com alto poder proteolítico
- e) o principal constituinte dos ribossomos

9. (CESCEM) Num experimento sobre floração, verificou-se que uma espécie de planta florescia em fotoperíodos de 8, 10, 12 e 14 horas, não florescendo em fotoperíodos maiores. Em vista destes resultados, podemos dizer que essa espécie é:

- a) indiferente aos fotoperíodos
- b) intermediária
- c) de dias longos
- d) de dias curtos
- e) de dias longos e curtos

10. (Santa Casa) Considerem-se 2 plantas diferentes quanto ao *fotoperiodismo* planta A, que é *planta de dia longo* (fotoperíodo crítico igual a 13 horas de iluminação), e planta B, que é *planta de dia curto* (fotoperíodo crítico igual a 11 horas de iluminação). Ilumine-se ambas em ambiente de 10 horas de iluminação. Deve-se verificar corretamente que

- a) A apenas cresce mas não floresce; B floresce
- b) A apenas floresce mas não cresce; B apenas cresce
- c) A cresce e floresce; B não cresce nem floresce
- d) A e B não crescem nem florescem
- e) A e B crescem e florescem

11. (Mogi) Sementes fotoblásticas positivas de uma variedade de alface foram irradiadas, ora com vermelho curto (V.C.) ora com vermelho longo (V.L.), conforme o esquema:

V.C.  $\longrightarrow$  V.L.  $\longrightarrow$  V.C.

Sabendo-se que o V.C. promove e o V.L. inibe a germinação, podemos afirmar que as sementes em questão:

- a) germinarão, porque a primeira radiação recebida foi V.C.
- b) não germinarão, porque as sementes receberam V.L.
- c) germinarão, porque a última radiação recebida foi V.C.
- d) não germinarão, porque a alternância de V.C. e V.L. destrói o embrião
- e) germinarão, porque houve predominância de V.C.



# Introdução à Ecologia

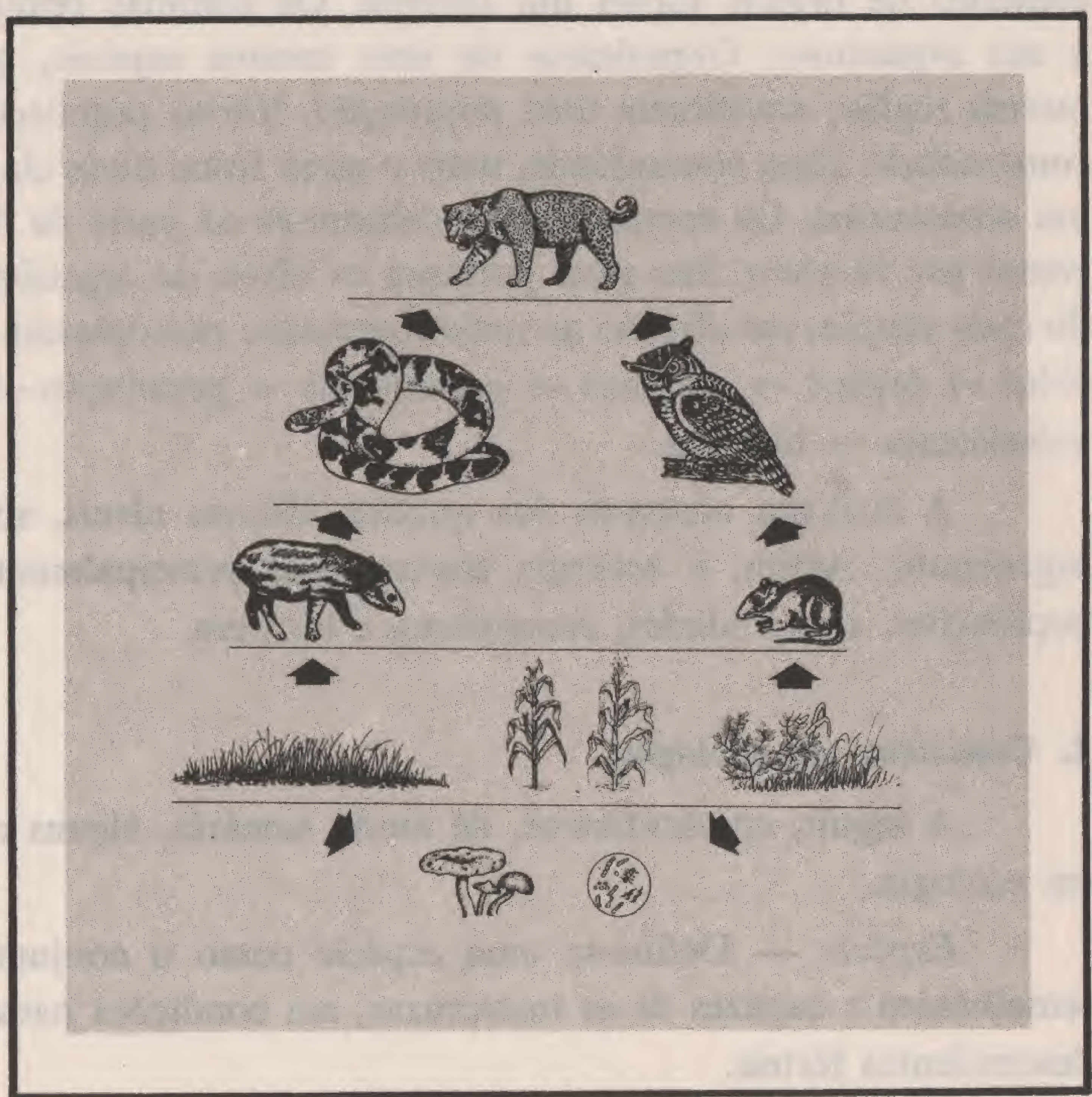
Ecologia é a ciência que estuda as relações entre os organismos e o ambiente. Ela investiga como os seres vivos interagem entre si e com o meio físico e químico.

## O Campo da Ecologia

Para se entender a ecologia, é preciso conhecer os níveis de organização da vida. Desde os organismos individuais até as comunidades e ecossistemas, a ecologia estuda como a energia e a matéria fluem através desses níveis.

# ECOLOGIA

# 5





# *Introdução à Ecologia*

---

*Ecologia* é a ciência que estuda as condições de existência dos seres vivos e as interações, de qualquer natureza, existentes entre esses seres vivos e seu meio.

## **1. Campo da ecologia**

Para se delimitar o campo de estudo da ecologia faz-se necessária a prévia compreensão dos níveis de organização dos seres vivos. Considere-se como nível mais simples o *protoplasma*, que é definido como substância viva. O protoplasma é o constituinte das células. A *célula* é a unidade básica dos seres vivos. Um conjunto de células com forma e funções semelhantes é denominado *tecido*. Vários tecidos constituem um *órgão* e um conjunto de órgãos forma um *sistema*. Os sistemas reunidos dão origem a um *organismo*. Organismos de uma mesma espécie, que vivem numa mesma região, constituem uma *população*. Várias populações formam uma *comunidade*. Uma comunidade, mais o meio físico onde ela vive, constituem um *ecossistema*. Os ecossistemas localizam-se na parte da Terra que conhecemos por *biosfera*. São esses portanto os níveis de organização, partindo-se do mais simples em direção ao mais complexo: protoplasma → células → tecidos → órgãos → sistemas → organismos → população → comunidade → ecossistema → biosfera.

A ecologia ocupa-se dos quatros últimos níveis, situados além dos organismos. Assim, a ecologia concentra-se principalmente no estudo de populações, comunidades, ecossistema e biosfera.

## **2. Conceitos em ecologia**

A seguir, apresentam-se, de modo sumário, alguns conceitos básicos em ecologia.

*Espécie* — Define-se uma espécie como o conjunto de indivíduos semelhantes e capazes de se intercruzar, em condições naturais, produzindo descendentes férteis.

*População* — População é o conjunto de indivíduos da mesma es-



pécie, que vivem na mesma área e no mesmo tempo, mantendo entre si certa interdependência.

*Comunidade ou Biocenose* — Comunidade é o conjunto de populações interdependentes que vivem em determinada área geográfica.

*Ecótono* — É uma zona de transição entre duas comunidades. Suas dimensões são variáveis e nele vivem espécies provenientes das comunidades vizinhas além de espécies peculiares à própria região.

*Biótopo* — É o ambiente físico ou químico onde vive a comunidade. Trata-se da área geográfica explorada pela comunidade.

*Ecossistema* — É o conjunto de componentes abióticos (do meio) e bióticos (seres vivos) que num determinado meio trocam matéria e energia. O ecossistema é pois o conjunto de uma comunidade (biocenose) mais o meio que a cerca (biótipo). O ecossistema é a unidade funcional básica da ecologia. São exemplos de ecossistemas os rios, os mares, os desertos, os lagos, as florestas, as planícies etc.

*Biosfera* — Biosfera é a região do planeta que contém todo o conjunto de seres vivos e na qual a vida é permanentemente possível. Pode ser considerada como o conjunto de todos os ecossistemas. A biosfera é dividida em *biociclos*. Estes são ambientes menores dentro da biosfera. Há três biociclos: talassociclo, epinociclo e limnociclo. O *talassociclo* é o biociclo marinho. O *epinociclo* é o biociclo terrestre. E, o *limnociclo*, o biociclo de água doce. Costuma-se dividir os biociclos em *biócoros*. Estes são partes do biociclo com características próprias. Assim, se tomarmos como exemplo o biociclo terrestre, veremos que ele se divide em quatro biócoros: floresta, savana, campo e deserto. Por sua vez, os biócoros são divididos em zonas diferentes denominadas *biomas*. Se tomarmos como exemplo o biócoro floresta veremos que há diferentes tipos de florestas: tropical, temperada etc. Cada tipo é um bioma.

Em relação ao talassociclo vale ressaltar que nele distinguem-se três componentes bióticos: plâncton, bênton e nécton. O *plâncton* é constituído por seres microscópicos que não possuem movimentos próprios, sendo por isso arrastados pelas correntezas. O plâncton vegetal é denominado fitoplâncton e se constitui de algas. O animal é denominado zooplâncton e se compõe de protozoários e microcrustáceos principalmente. O plâncton serve como alimento para os seres que vivem no meio marinho. O *bênton* é constituído por seres que vivem no fundo do mar, e o *nécton*, por seres que possuem movimentos próprios, como peixes, mamíferos marinhos, tartarugas etc.



**Habitat** — É o lugar onde uma espécie pode ser encontrada, isto é, o seu “endereço” dentro de um ecossistema.

**Nicho ecológico** — É o papel que um organismo desempenha dentro de um ecossistema. Pode-se considerar o nicho ecológico como a “profissão” da espécie. O habitat de uma espécie indica onde encontrá-la. Já o nicho informa onde e às custas do que se alimenta, a quem serve de alimento, onde e como se reproduz etc. Assim, o nicho ecológico diz respeito ao conjunto de atividades ecológicas que uma espécie desempenha no ecossistema.

Ao dizermos que o leão habita as savanas africanas, estamos nos referindo ao seu habitat. Mas se dissermos que nas savanas o leão atua como predador, devorando grandes herbívoros como a zebra e os antílopes, estaremos nos referindo ao seu nicho ecológico.

### 3. Exercícios

1. (Med. Pouso Alegre) Ecologia é mais propriamente o estudo
  - a) do comportamento dos animais em seu meio ambiente
  - b) dos animais e suas variações com o meio ambiente
  - c) da evolução natural dos seres vivos
  - d) das relações dos seres vivos entre si e com o meio ambiente
  - e) das populações e sociedades animais
2. (FGV) A ecologia é a ciência que estuda:
  - a) a poluição e seus efeitos
  - b) a natureza como um todo
  - c) as relações entre animais e plantas
  - d) a relação entre os seres vivos e seus ambientes
  - e) n.d.a.
3. (FUVEST) Discorra sobre o papel do homem no rompimento de equilíbrios ecológicos.
4. (UFCE) Os diversos níveis de organização biológica são:
  1. célula
  2. tecido
  3. órgão
  4. indivíduo
  5. comunidade
  6. população
  7. ecossistema

Aponte a alternativa que contém apenas os níveis estudados em ecologia:

  - a) 2, 1 e 3
  - b) 6, 5 e 7
  - c) 6, 4 e 5
  - d) 3, 5 e 7
5. (UFMG) A seqüência de níveis sucessivos de uma organização de seres vivos está correta em:
  - a) biosfera → comunidades → populações → ecossistemas
  - b) populações → comunidades → ecossistemas → biosfera



- c) comunidades → populações → ecossistemas → biosfera
- d) populações → ecossistemas → comunidades → biosfera
- e) biosfera → populações → comunidades → ecossistemas

6. (UFSCAR) O nicho ecológico é:
- a) o local em que vive o organismo
  - b) o estrato em que vive o organismo
  - c) a associação harmônica da qual faz parte o organismo
  - d) o habitat de uma dada espécie
  - e) o papel do organismo no ecossistema
7. (Med. Taubaté) Com relação ao NICHOLÓGICO, e do ponto de vista ecológico, assinale a afirmativa *incorreta*:
- a) entende-se por nicho ecológico o papel que o organismo desempenha no ecossistema
  - b) dá-se o nome de nicho ecológico ao lugar onde o organismo vive
  - c) nicho ecológico é o modo particular pelo qual as espécies se adaptam ao seu ambiente
  - d) estão certas as afirmativas *a* e *c*
  - e) nicho ecológico diz respeito a modo de vida, e não a lugar
8. (Med. Santos) Dentro do estudo da ecologia o conceito de BIOCENOSE abrange:
- a) apenas os seres vivos
  - b) apenas o clima e a natureza do solo
  - c) apenas o clima e os seres vivos
  - d) apenas o reino vegetal e a natureza do solo
  - e) os seres vivos, o clima e a natureza do solo
9. (Med. UERJ) Assinale a alternativa *correta*:
- a) em ecologia, a comunidade inclui grupos de indivíduos de uma mesma espécie de organismos
  - b) em ecologia, a população inclui todos os indivíduos de uma mesma área, pertencentes ou não a várias espécies
  - c) em ecologia, ecossistema é a porção da terra biologicamente habitada
  - d) em ecologia, biosfera é o conjunto formado pela comunidade de indivíduos vivos e o meio ambiente inerente
  - e) n.d.a.
10. (Med. Taubaté) A um conjunto de seres vivos e o meio em que vivem dá-se o nome de:
- a) ecossistema
  - b) biótopo
  - c) comunidade
  - d) habitat
11. (Med. Taubaté) O conjunto de todos os ecossistemas forma:
- a) a biosfera
  - b) um nicho ecológico
  - c) uma comunidade
  - d) um bioma
  - e) um habitat
12. (FUVEST) Quando relacionamos o meio abiótico ao biótico estamos estudando:
- a) um ecossistema
  - b) uma população
  - c) uma comunidade
  - d) um nicho ecológico
  - e) um habitat



# O Ecossistema

---

## 1. Conceito de ecossistema

*Ecossistema* é o conjunto de componentes abióticos e bióticos que num determinado meio trocam matéria e energia.

Trata-se, portanto, de um sistema formado pela comunidade de seres vivos (biótica) e o meio ambiente físico-químico (abiótico), com suas conseqüentes inter-relações.

O ecossistema não é uma soma de seres vivos e fatores abióticos. Mas sim inclui uma extensa rede de relações entre todas as partes da comunidade e do ambiente não-vivo. Por isso, deve ser entendido como um sistema de influências mútuas entre os componentes de uma comunidade e desses com o meio abiótico representado pela água, solo, energia luminosa, gases atmosféricos etc.

A comunidade que se abriga num ecossistema é chamada *biocenose* e o meio abiótico em que vive, *biótopo*. Isto nos permite concluir que:  $\text{ecossistema} = \text{biocenose} + \text{biótopo}$ .

## 2. Componentes bióticos de um ecossistema

Os componentes bióticos (biocenose) que integram um ecossistema podem ser estruturados em três categorias: produtores, consumidores e decompositores.

### a) Produtores

Produtores são seres que, no ecossistema, conseguem fabricar substâncias orgânicas a partir de compostos inorgânicos simples. Há dois tipos de organismos produtores: quimiossintetizantes e fotossintetizantes.

Os *quimiossintetizantes* são os que obtêm a energia de que necessitam a partir de substâncias inorgânicas e por meio de reações químicas (oxidações). Com a energia obtida sintetizam compostos orgânicos. Como exemplo temos as bactérias que oxidam o gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), denominadas sulfobactérias. A partir do gás sulfídrico, elas produzem enxofre livre e libertam energia. Além das sulfobactérias temos as ferrobactérias (oxidam



compostos de ferro), as nitrobactérias (oxidam compostos que possuem nitrogênio) e as hidrobactérias (oxidam a água).

Os *fotossintetizantes* são constituídos por vegetais verdes. Sua função é a de sintetizar a substância orgânica, a partir da inorgânica, na presença de luz. Esses vegetais possuem o pigmento verde, clorofila, capaz de absorver a energia luminosa do sol, sendo responsáveis pela quase totalidade da produção na natureza. É com essa energia que transformam substâncias orgânicas em inorgânicas, através do processo denominado fotossíntese.

Os produtores, dada a sua capacidade de produzir sua própria matéria orgânica, são conhecidos como *seres autótrofos*.

#### b) Consumidores

Consumidores são os seres que, pela incapacidade de fabricar o seu próprio alimento, vão buscá-lo, direta ou indiretamente, junto aos produtores. Estes seres são ditos, *heterótrofos*, pois, não sintetizando o seu próprio alimento, utilizam substâncias produzidas pelos autótrofos. Os consumidores são subdivididos em primários, secundários e terciários.

Um consumidor é dito *primário*, ou de primeira ordem, quando se alimenta diretamente dos produtores. É o caso de animais herbívoros como o gafanhoto, o coelho e o preá. Os consumidores *secundários*, ou de segunda ordem, são aqueles que se nutrem de consumidores primários. É o caso de animais carnívoros como a cobra, a coruja e o lagarto. Os consumidores *terciários*, ou de terceira ordem, são os que se alimentam de consumidores secundários. Como exemplo temos a onça e o falcão. É claro que podemos, nessa sequência de raciocínio, ter consumidores de ordens superiores à terciária.

Além desses, podemos citar os seres *onívoros*. Estes possuem alimentação mista, utilizando tanto animais como vegetais. O homem pode ser citado como exemplo de ser onívoro.

#### c) Decompositores ou microconsumidores

Decompositores são seres que se alimentam de cadáveres em decomposição. São capazes de degradar substâncias orgânicas liberando substâncias inorgânicas que podem ser novamente utilizadas pelos produtores. São decompositores certas bactérias e fungos.

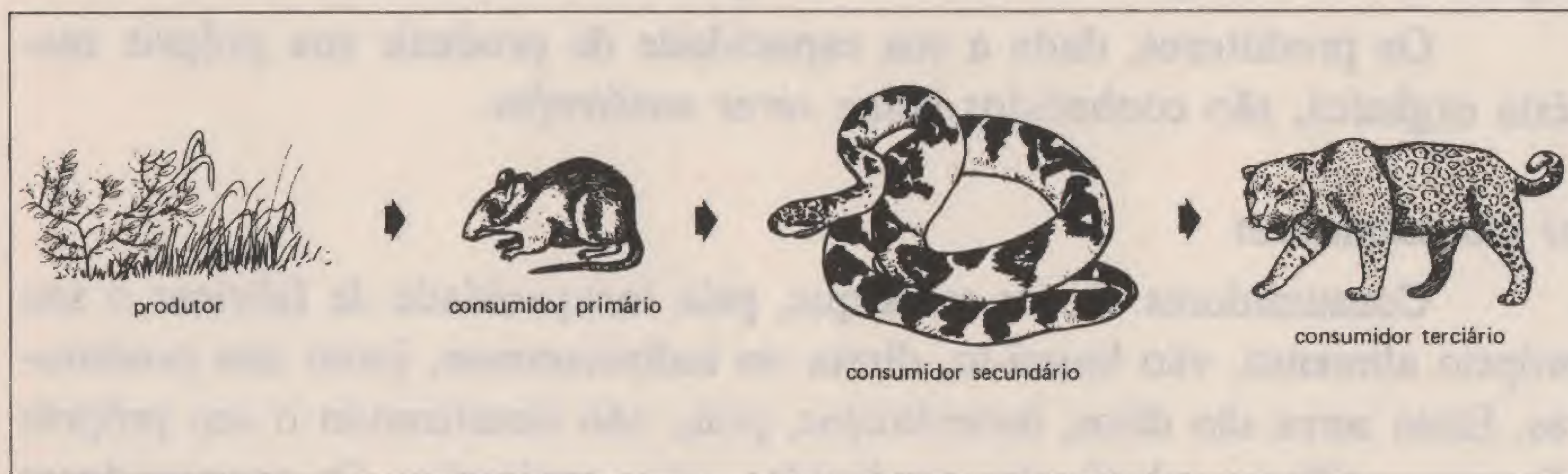
### 3. Cadeias alimentares e níveis tróficos

Em um ecossistema os componentes bióticos formam, na ordem



produtores-consumidores-decompositores, um sistema de complexas relações interalimentares, onde um organismo é ingerido pelo de nível superior.

Dá-se o nome de *cadeia alimentar* a uma seqüência de seres vivos na qual, uns comem aqueles que os precedem na cadeia, antes de serem comidos por aqueles que os seguem. Na seqüência capim-rato-cobra-onça temos um exemplo de cadeia alimentar. Note-se que a seqüência obedece ao sentido produtor—consumidor primário—consumidor secundário—consumidor terciário.



Cadeia alimentar

*Níveis tróficos* ou alimentares são níveis que se estabelecem nas cadeias alimentares. Há quatro níveis tróficos: primário, secundário, terciário e quaternário.

O nível primário é aquele em que se encontram os produtores. O secundário é o dos consumidores primários. O terciário é o dos consumidores secundários. E o quaternário é o dos consumidores de terceira ordem.

De modo geral, podemos afirmar que nos ecossistemas os organismos cujo alimento é obtido a partir de plantas, por meio de um mesmo número de passagens, pertencem ao mesmo nível trófico. Os níveis tróficos são os mesmos nos diversos ecossistemas, apesar de se observarem variações quanto a seus componentes.

#### 4. Fluxos de matéria e energia

Um ser, ao se alimentar de outro, obtém matéria e energia. Há, portanto, nas cadeias alimentares, uma transferência de matéria e energia desde produtores até consumidores, falando-se, então, em *fluxo de matéria e energia*.

Quanto à energia, a cadeia alimentar pode ser considerada como uma *linha de transferência de energia* dos produtores em direção aos consumidores e decompositores. A esse respeito torna-se importante ressaltar o seguinte:



Em cada transferência de energia de um organismo para outro ou de um nível trófico para outro, uma grande parte de energia é transformada em calor. Portanto, a quantidade de energia disponível *diminui* a medida que é transferida de um nível para outro.

Disso concluímos que quanto mais curta é uma cadeia alimentar, ou quanto mais próxima estiver do início da cadeia, maior será a energia disponível.

Como exemplo deste fato podemos dizer que é possível a sobrevivência de um número maior de seres, a partir dos produtos de uma determinada área, se estes funcionarem como consumidores primários em vez de secundários.

Sobre a energia é também importante observar que, uma vez utilizada por um organismo em seus processos vitais, não é reaproveitada. Isto representa que a energia gasta não retorna aos produtores para ser novamente utilizada, daí podermos afirmar que:

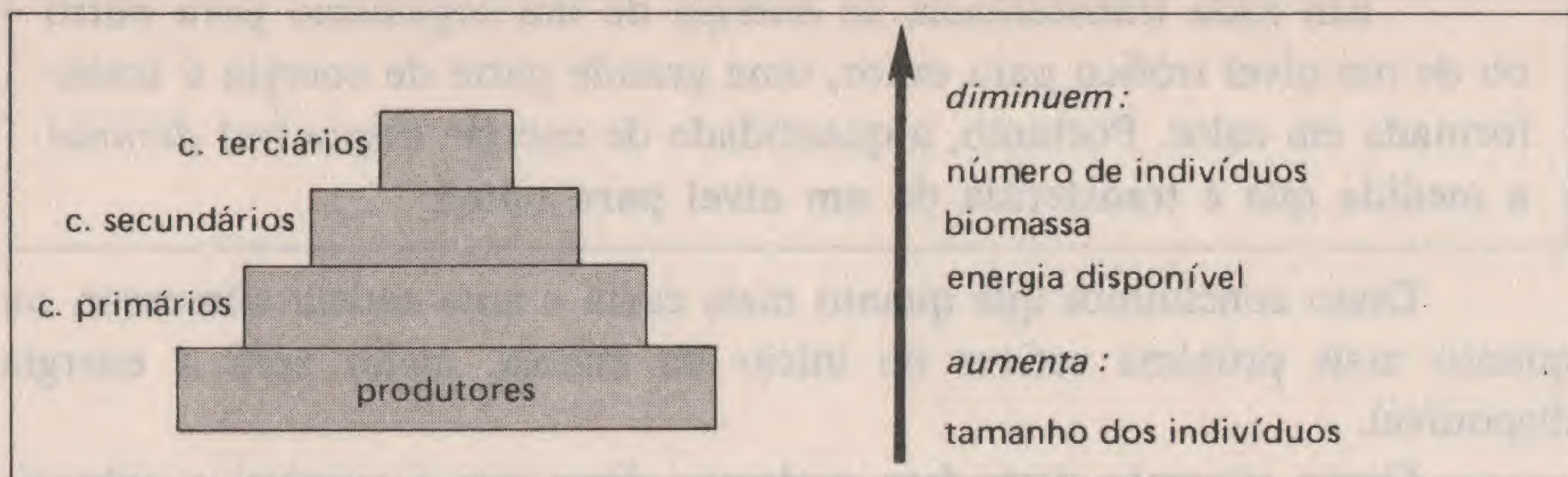
A energia possui fluxo unidirecional

Aliás, quanto a este aspecto, verifica-se importante diferença entre os fluxos de matéria e energia. A matéria, ao contrário da energia que flui em um só sentido, tem um comportamento cíclico, voltando aos produtores e sendo reaproveitada. Portanto, *a matéria circula de forma cíclica*, como veremos mais tarde ao tratarmos dos ciclos biogeoquímicos.

## 5. Pirâmides ecológicas

As cadeias alimentares podem ser representadas quantitativamente por meio de *pirâmides ecológicas*. Estas são construídas representando-se em sua base os produtores, vindo a seguir, em degraus superiores, os consumidores de diversas ordens. Há três tipos de pirâmides: biomassa, números e energia. Nas *pirâmides de biomassa* (massa de organismos) observa-se que a massa total de matéria viva é maior ao nível dos produtores diminuindo a cada nível trófico seguinte. Portanto, a biomassa de um determinado nível trófico é menor que a do nível inferior. Nas *pirâmides de números* observa-se que, quando se passa de um nível trófico para outro superior (sentido produtor → consumidores), há aumento do tamanho dos indivíduos e diminuição do seu número. Nas *pirâmides de energia* nota-se que, quando se passa de um nível trófico para outro superior, há perda de energia. Nas pirâmides de energia quanto mais alto o grau dos consumidores menor é o teor de energia que ele recebe. O esquema que se segue ilustra, de modo genérico, as pirâmides ecológicas.





## 6. Exercícios

- (FAAP) O que é um ecossistema?
- (CESCEM) São ecossistemas todos os exemplos abaixo, *exceto*:
  - uma astronave
  - uma lagoa
  - um pasto
  - uma colônia de hidrozóários
  - o solo
- (PUC) Dá-se o nome de organismo autótrofo àquele que:
  - é capaz de sintetizar seus próprios alimentos a partir de glicose e aminoácidos
  - não realiza a fotossíntese
  - depende de outro organismo vivo para a obtenção de alimento
  - é capaz de utilizar substâncias em decomposição para sua alimentação
  - é capaz de sintetizar seus próprios alimentos a partir de substâncias químicas inorgânicas
- (Fund. Carlos Chagas) Bactérias que usam gás carbônico e  $H_2S$  para sintetizar substâncias orgânicas são:
 

a) produtores	d) decompositores
b) consumidores de 1ª ordem	e) parasitas
c) consumidores de 2ª ordem	
- (FUVEST) Um animal que se alimenta de larvas e borboletas é:
  - consumidor primário
  - consumidor secundário
  - consumidor terciário
  - parasita
  - decompositor
- (FMU) Em uma comunidade biológica, consideremos:  
 I = produtores                      II = herbívoros                      III = carnívoros  
 É correto afirmar que:
  - se I e II aumentarem, III diminuirá
  - se III aumentar, I e II diminuirão
  - se II diminuir, I aumentará e III diminuirá
  - se I diminuir, II e III aumentarão
  - se III aumentar, I e II aumentarão



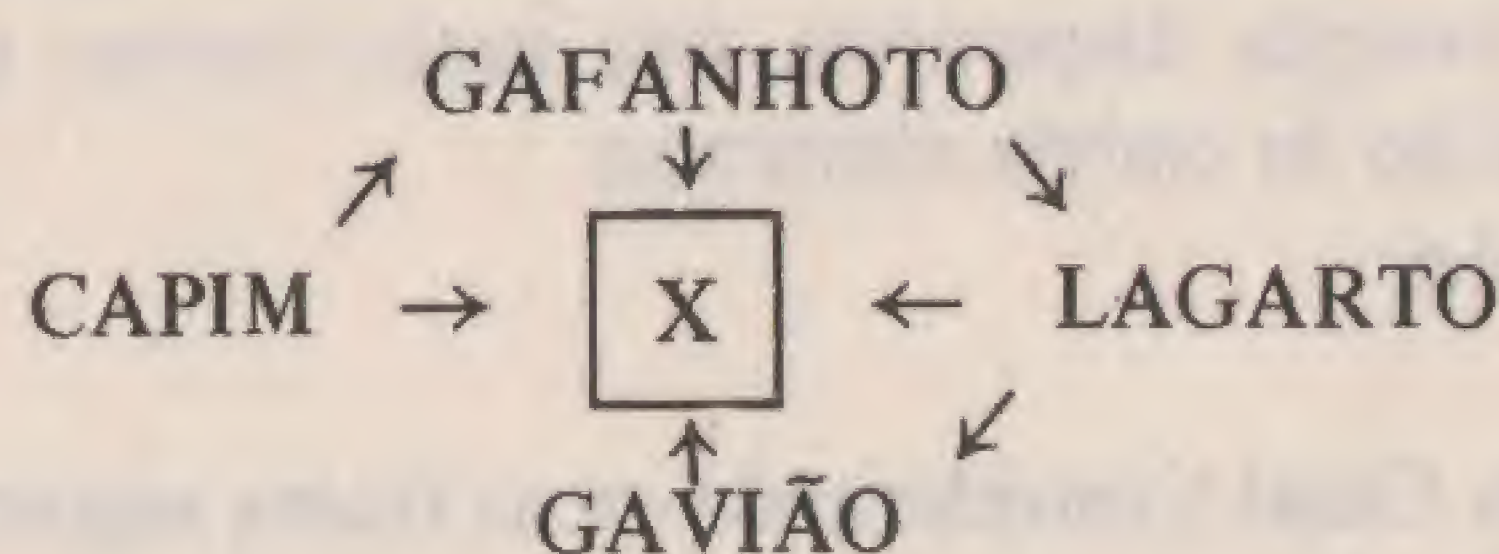
7. (UFMG) Entre os organismos abaixo relacionados e pertencentes a uma mesma comunidade, pode ser considerado consumidor de 1ª ordem (2º nível trófico):
- o capim
  - o milho
  - a vaca
  - o anu (Anum)
  - o carrapato

8. (MAUÁ) Dar exemplos de decompositores e explicar qual a sua importância em um ecossistema.

9. (FATEC) O esquema abaixo representa uma cadeia alimentar:

O indivíduo X deve ser:

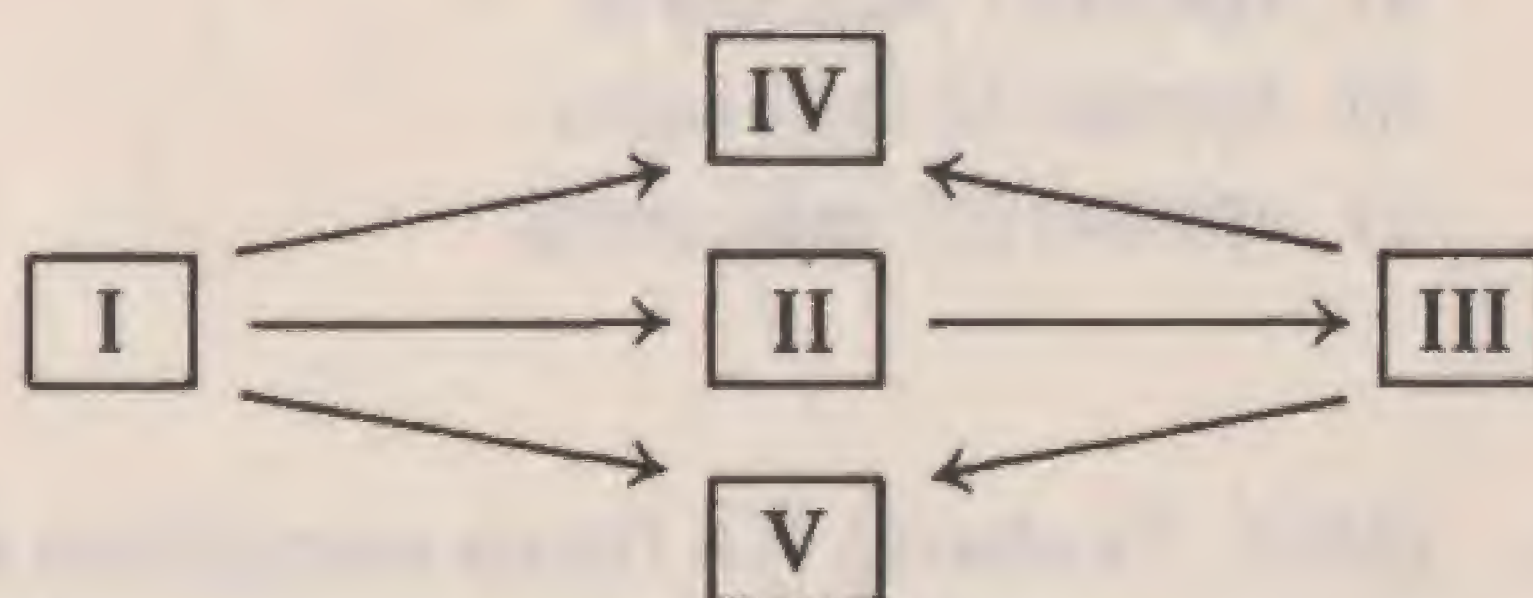
- decompositor
- produtor
- apenas consumidor de 1ª ordem
- apenas consumidor de 2ª ordem
- apenas consumidor de 3ª ordem



10. (CESCEM) O esquema abaixo representa as inter-relações de componentes de uma comunidade.

De acordo com a posição que ocupam no esquema, se I representar os vegetais clorofilados, III será:

- herbívoro ou carnívoro
- herbívoro ou decompositor
- carnívoro ou parasita
- decompositor ou parasita
- carnívoro ou decompositor



11. (UF Viçosa) Em um lago, a cadeia trófica esperada é:

- aves aquáticas, peixes carnívoros, peixes planctófagos, zooplâncton e fitoplâncton
- fitoplâncton, peixes planctófagos, zooplâncton, aves aquáticas e peixes carnívoros
- fitoplâncton, aves aquáticas, peixes carnívoros, zooplâncton e peixes planctófagos
- fitoplâncton, zooplâncton, peixes planctófagos, peixes carnívoros e aves aquáticas
- zooplâncton, fitoplâncton, peixes planctófagos, aves aquáticas e peixes carnívoros

12. (FUVEST) Uma área muito grande foi reflorestada com pinheiro-do-paraná. Depois de alguns anos, quando as árvores formaram pinhas e as sementes caíram ao solo, houve um aumento do número de certos animais que até então ocorriam em pequeno número. A seqüência do aumento desses animais foi:

- cobras, gaviões, ratos
- cobras, ratos, gaviões
- gaviões, ratos, cobras
- ratos, cobras, gaviões
- ratos, gaviões, cobras



13. (FUC) Os organismos que podem usar diretamente a energia do sol para fabricar moléculas orgânicas são:
- a) heterótrofos
  - b) eucariontes
  - c) procariontes
  - d) autótrofos
  - e) autofágicos
14. (Santa Casa) Em cada transferência de energia de um organismo para outro ou de um nível trófico para outro, parte dessa energia é transformada em calor e:
- a) quanto mais longa a cadeia alimentar, maior será a energia disponível
  - b) quanto mais distante estiver o organismo do início da cadeia alimentar, maior será a energia disponível
  - c) a energia disponível será tanto menor quanto mais curta for a cadeia alimentar
  - d) a energia disponível será tanto menor quanto mais próximo estiver o organismo do início da cadeia alimentar
  - e) n.d.a.
15. (Santa Casa) Considerando-se as frases seguintes:
- I) Produtores e consumidores não formam níveis tróficos nos ecossistemas.
  - II) Na natureza as relações de transferência de energia são mais simples que na cadeia alimentar.
  - III) A quantidade de energia que um nível trófico recebe é sempre menor que aquela que ele irá transferir para o seguinte.
- Assinale a alternativa certa:
- a) apenas I está certa
  - b) apenas II está certa
  - c) apenas III está certa
  - d) todas estão certas
  - e) nenhuma está correta
16. (Med. Taubaté) No fluxo energético de um ecossistema:
- a) a quantidade de energia absorvida pelos consumidores é igual à eliminada pelos produtores
  - b) a quantidade de energia absorvida pelos produtores é igual à eliminada pelos consumidores
  - c) a energia que entra no ecossistema através dos produtores não fica retida, perdendo-se nos vários níveis alimentares
  - d) a energia que se desprende dos processos catabólicos dos seres vivos não pode ser reaproveitada
  - e) produtores e consumidores absorvem energia química proveniente da radiação solar
17. (Med. Santo Amaro) Pode-se considerar como um dos grandes princípios da ecologia geral, o FLUXO UNIDIRECIONAL DA ENERGIA. Considerando-se a energia utilizada por um organismo ou população, observa-se que é convertida em calor e a seguir:
- a) é armazenada sob outra forma
  - b) passa a circular entre os componentes do ecossistema
  - c) é perdida pelo ecossistema
  - d) é captada pelos organismos de menor nível energético do ecossistema
  - e) difunde-se para outros ecossistemas de maiores níveis energéticos



# *Ciclos Biogeoquímicos*

---

*Ciclos biogeoquímicos* são ciclos que envolvem os seres vivos (produtores, consumidores e decompositores), os componentes geológicos e as substâncias químicas dos ecossistemas. Estes ciclos existem em função do modo como a matéria circula, diversamente da energia, nos ecossistemas. A energia flui de modo unidirecional.

A matéria, ao contrário, tem um comportamento cíclico, voltando aos produtores e sendo reaproveitada. Há na biosfera vários ciclos biogeoquímicos. Estudaremos os ciclos do nitrogênio e do carbono.

## **1. Ciclo do nitrogênio**

O nitrogênio é um gás encontrado na atmosfera sob a forma de nitrogênio molecular ( $N_2$ ). Constitui cerca de 78% do ar atmosférico e existe também dissolvido na água. Nos seres vivos entra na composição de moléculas orgânicas como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos.

O nitrogênio em sua forma molecular é inaproveitável pelos seres vivos.

Chega contudo aos seres vivos graças à capacidade de algumas bactérias e certas algas azuis o fixarem. As bactérias que fixam o nitrogênio molecular pertencem aos gêneros *Rhizobium* e *Azotobacter*. As bactérias do gênero *Rhizobium* vivem em simbiose com as células das raízes de leguminosas como feijão, soja, ervilha etc, onde formam pequenos nódulos. As bactérias do gênero *Azotobacter* vivem livremente no solo. As algas azuis fixadoras de nitrogênio molecular são encontradas principalmente na água e em solos encharcados, e pertencem aos gêneros *Anabaena* e *Nostoc*.

As bactérias e algas azuis, após fixarem o nitrogênio molecular, o convertem em nitratos ( $NO_3^-$ ). É a chamada *nitrificação*. Os nitratos, dissolvidos na água, são absorvidos pelos vegetais que os usam na síntese de seus aminoácidos e proteínas. A partir daí, o nitrogênio, incorporado às proteínas vegetais, chega aos animais pelas cadeias alimentares. Podem também voltar ao solo pela morte da planta. Os animais, possuindo proteínas, excretam subprodutos de seu metabolismo na forma de compostos nitrogenados como amônia, uréia e ácido úrico. Estes, uma vez eliminados, vão para o solo.



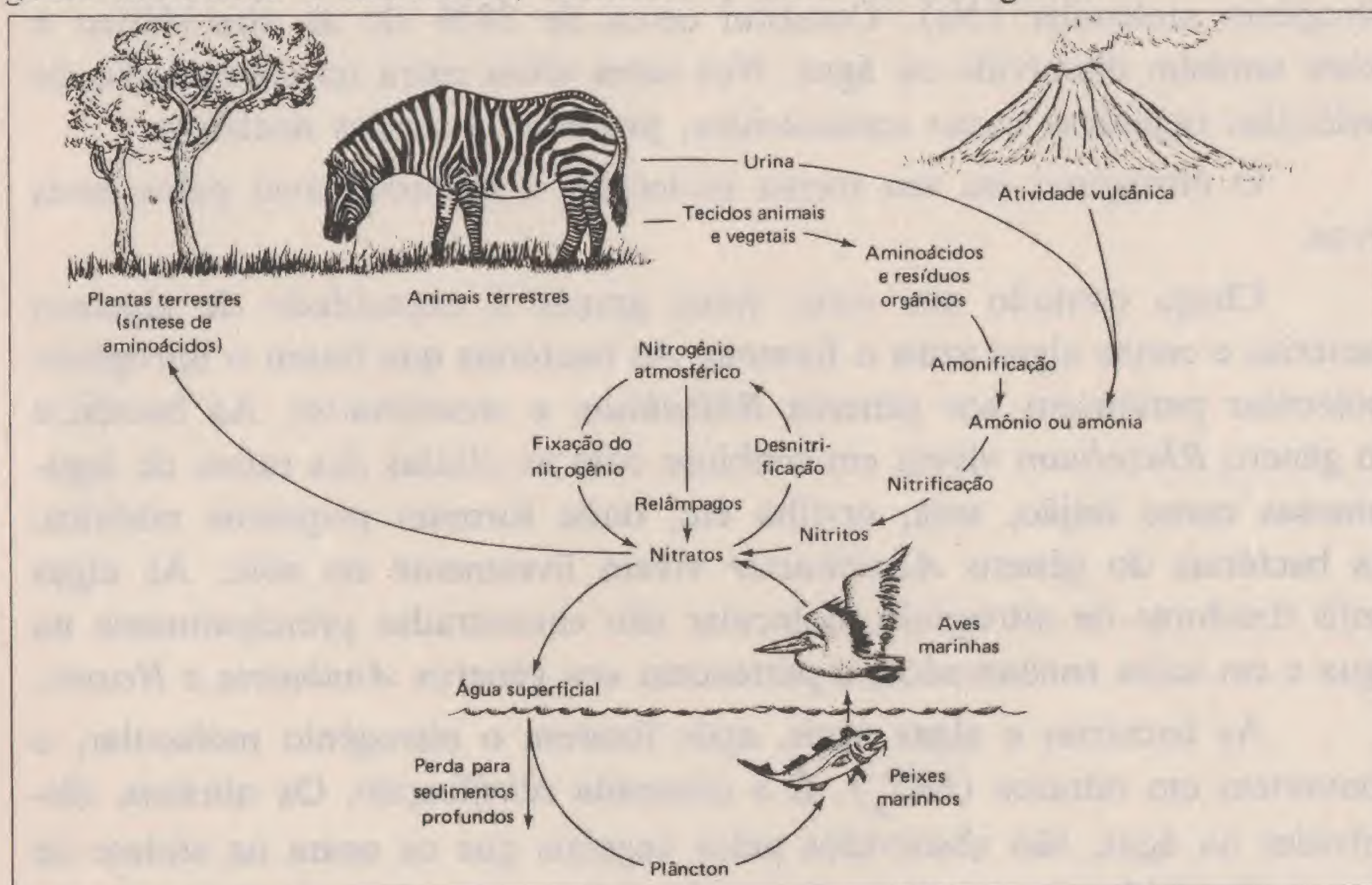
No solo, os compostos nitrogenados excretados pelos animais e os cadáveres de animais e vegetais são degradados por bactérias e fungos. Esses decompositores transformam os compostos nitrogenados em amônia ou íons amônio ( $\text{NH}_3$  ou  $\text{NH}_4^+$ ). É a chamada *amonificação*.

A amônia (ou íons amônio) poderá seguir três caminhos diferentes:

- ser absorvida pelos vegetais e novamente usada na síntese de aminoácidos e proteínas;

- ser transformada em nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) pela ação de determinadas e especializadas bactérias nitrificantes, que operam em condições aeróbicas;

- ser convertida novamente em nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ), pela ação de bactérias denitrificantes ou desnitrificantes, mais intensamente quando na ausência do oxigênio. Essa transformação da amônia ou íons amônio em nitrogênio molecular recebe o nome de *denitrificação* ou *desnitrificação*. As bactérias denitrificantes possibilitam a devolução do nitrogênio molecular à atmosfera, fechando o ciclo do nitrogênio.



Ciclo do nitrogênio

## 2. Ciclo do carbono

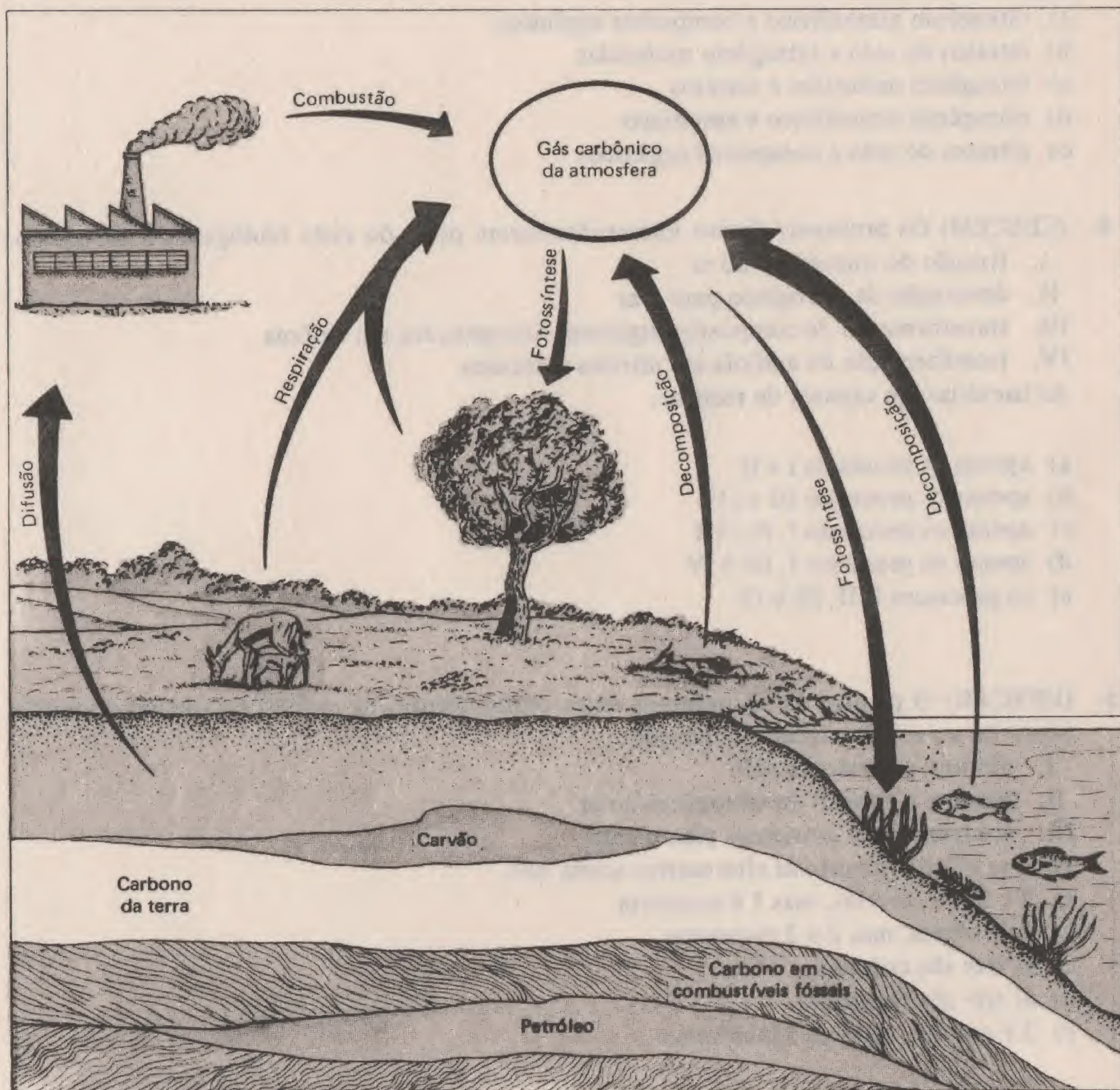
O carbono é um dos constituintes essenciais das moléculas dos compostos orgânicos. Os organismos vivos possuem cerca de 30% de compostos orgânicos.



O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico, ou o dissolvido na água, é a única fonte de carbono disponível para os seres autótrofos, que o utilizam na síntese de seus compostos orgânicos. Pelas cadeias alimentares estes compostos chegam até os consumidores de diferentes níveis.

Os seres vivos devolvem o carbono na forma de  $\text{CO}_2$  à atmosfera pela respiração e fermentação. Além disso, quando mortos, serão degradados pelos organismos decompositores. Estes, por sua vez, também devolverão o carbono dos compostos orgânicos degradados à atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$ .

A decomposição parcial de animais e vegetais resultará na formação de depósitos orgânicos fósseis, ricos em combustível, como o carvão e o petróleo.



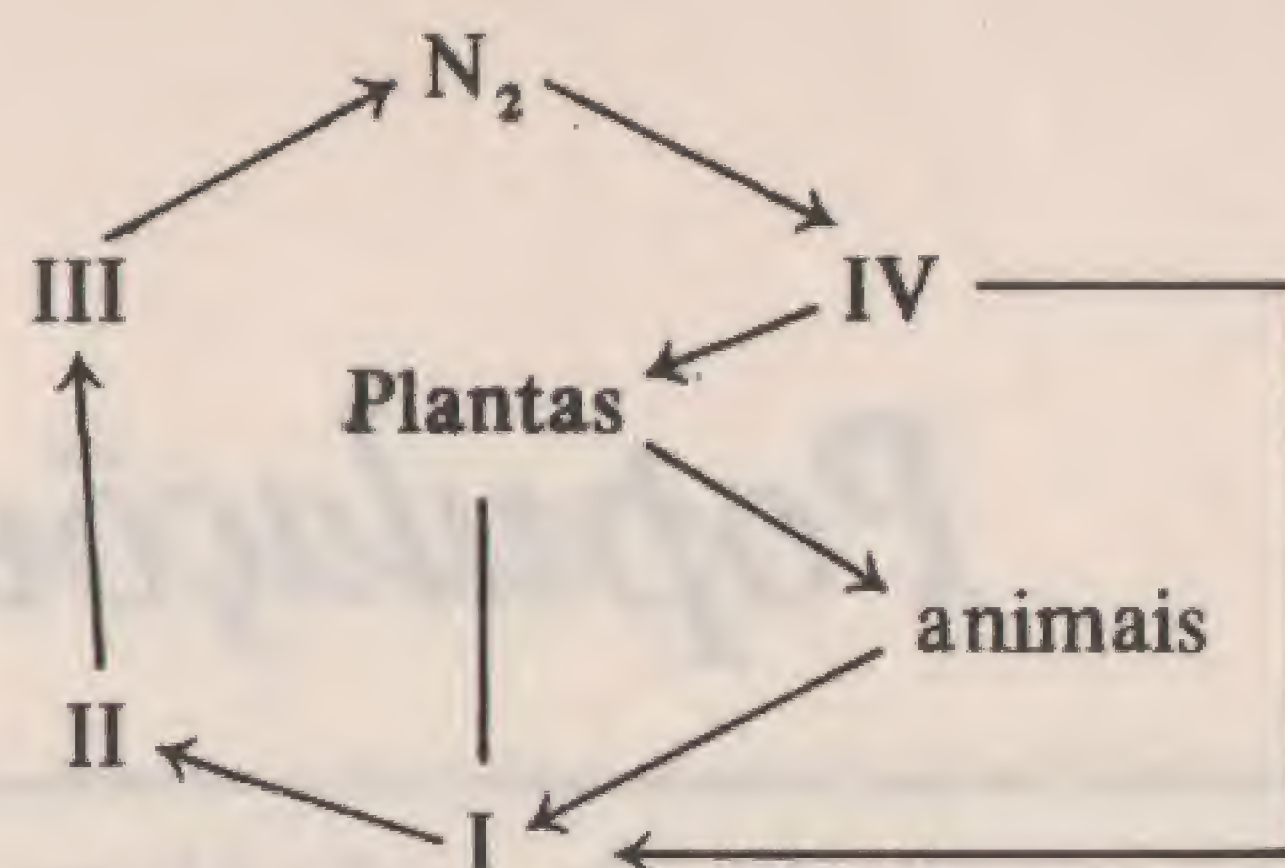
Ciclo do carbono



### 3. Exercícios

1. Que se entende por reciclagem da matéria?
2. (Med. ABC) Considere as seguintes substâncias, que fazem parte do ciclo biogeoquímico do nitrogênio: (1) aminoácido, (2) amônia, (3) nitrato, (4) nitrito e (5) nitrogênio atmosférico.  
A ordem correta de colocação de três dessas substâncias, numa sequência de transformações que envolvam libertação de energia apenas para os decompositores, é a seguinte:  
a) 5 → 3 → 2  
b) 4 → 3 → 5  
c) 2 → 4 → 3  
d) 1 → 2 → 5  
e) 1 → 4 → 3
3. (UFPA) Os seres autotróficos e os animais herbívoros usam como fonte de nitrogênio, respectivamente:  
a) nitrogênio atmosférico e compostos orgânicos  
b) nitratos do solo e nitrogênio molecular  
c) nitrogênio molecular e nitratos  
d) nitrogênio atmosférico e amoníaco  
e) nitratos do solo e compostos orgânicos
4. (CESCEM) Os processos abaixo numerados fazem parte do ciclo biológico do nitrogênio:  
I. fixação do nitrogênio do ar  
II. devolução de nitrogênio para o ar  
III. transformação de compostos orgânicos nitrogenados em amônia  
IV. transformação de amônia em nitritos e nitratos  
As bactérias são capazes de realizar:  
a) apenas os processos I e II  
b) apenas os processos III e IV  
c) apenas os processos I, II e III  
d) apenas os processos I, III e IV  
e) os processos I, II, III e IV
5. (UFSCAR) O plantio de leguminosas entre outras plantas de cultura e a sua incorporação posterior ao solo é importante porque:  
I. diminui a erosão do solo  
II. permite a fixação do nitrogênio do ar  
III. contribui com nutrientes para o solo  
Pode-se afirmar quanto às alternativas acima que:  
a) 2 e 3 são corretas, mas 1 é incorreta  
b) 1 é correta, mas 2 e 3 incorretas  
c) as três são corretas  
d) as três são incorretas  
e) 2 é correta, mas 1 e 3 incorretas
6. (CESCEM) O esquema a seguir resume etapas do ciclo do nitrogênio, das quais participam bactérias representadas por algarismos romanos.

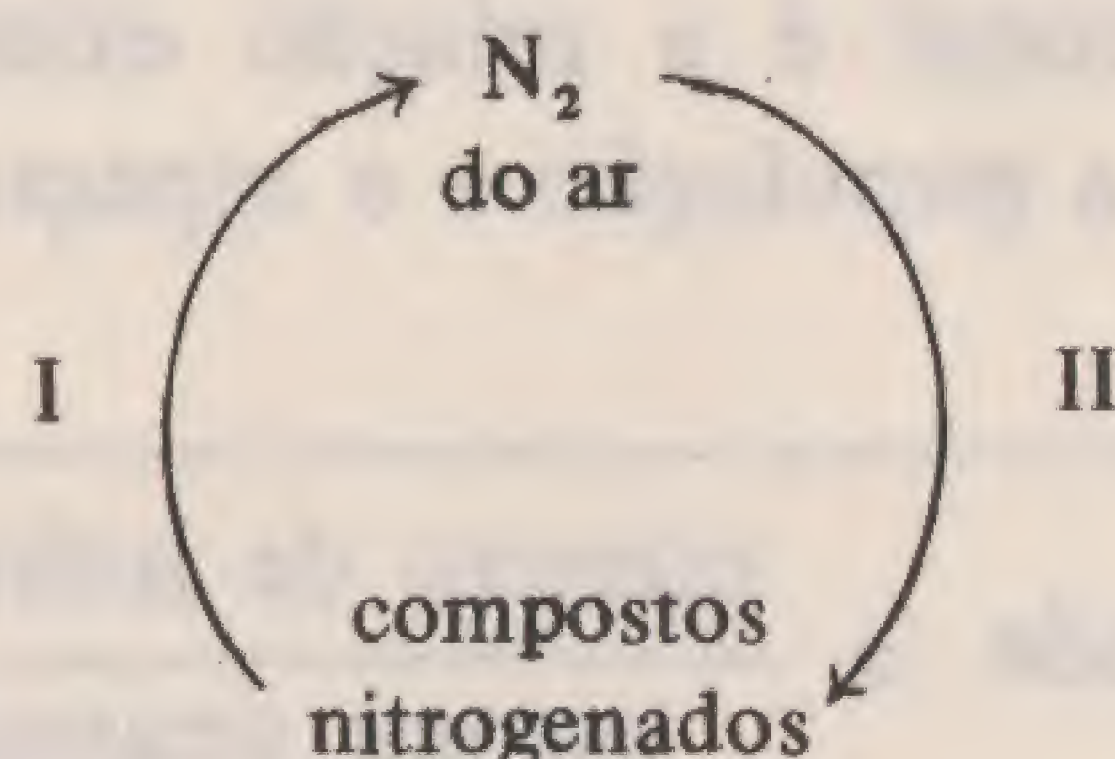




Qual das letras da tabela abaixo corresponde à classificação correta dessas bactérias?

	DECOMPOSITORAS	NITRIFICANTES	DESNITRIFICANTES
a)	I	II	III
b)	I	III	IV
c)	II	III	IV
d)	III	IV	I
e)	IV	II	III

7. (CESCEM/Londrina) O esquema abaixo representa o ciclo do nitrogênio.



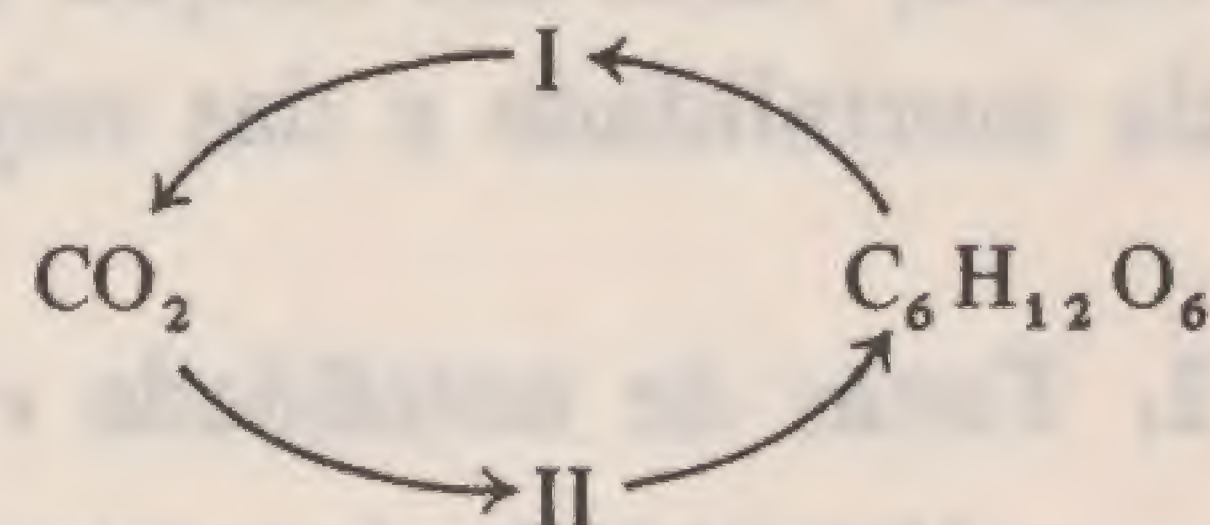
Qual das alternativas abaixo identifica corretamente os organismos representados por I e II:

- a) I = bactérias decompositoras; II = vegetais clorofilados
- b) I = bactérias desnitrificantes; II = bactérias das raízes de leguminosas
- c) I = bactérias quimiossintetizantes; II = bactérias decompositoras
- d) I = organismos heterótrofos; II = organismos autótrofos
- e) I = bactérias desnitrificantes; II = bactérias nitrificantes

8. (CESCEM) Esta questão baseia-se no esquema abaixo, que é uma simplificação do ciclo do carbono.

Neste ciclo, se I representar os

- a) seres vivos, II representará os decompositores
- b) seres vivos, II representará os produtores
- c) seres vivos, II representará os consumidores
- d) produtores, II representará os decompositores
- e) consumidores, II representará os decompositores





# Populações

“População é o conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que ocupa uma determinada área geográfica, em certo período de tempo.”

As populações são entidades reais, possuidoras de organização própria e, por isso, não devem ser analisadas como simples agrupamentos de indivíduos independentes uns dos outros. Realmente, as populações têm estrutura e organização definidas: apresentam um certo tamanho, são capazes de crescer e declinar, e possuem composição característica quanto ao grupo e ao sexo de seus componentes.

As populações possuem uma série de características ou atributos que as identificam. As principais características populacionais são: densidade, taxas de natalidade e mortalidade, dispersão, distribuição por idade e crescimento.

## 1. Densidade populacional

Densidade populacional é a relação existente entre o número de indivíduos que constituem a população e o espaço por eles ocupado.

Portanto:

$$\text{Densidade} = \frac{\text{número de indivíduos}}{\text{espaço ocupado}}$$

Para as espécies terrestres, a densidade é expressa em unidades de área, usando-se geralmente o  $\text{m}^2$ . Assim, por exemplo, falamos no número de pinheiros existentes em cada  $\text{m}^2$  de floresta.

Para as espécies aquáticas, a densidade é expressa em unidades de volume, usando-se geralmente o  $\text{m}^3$ . Assim, ao nos referirmos aos peixes de um rio indicamos o número de peixes por  $\text{m}^3$  de água.

A densidade populacional, estando na razão direta do número de indivíduos, varia em função dos fatores que a alteram. Depende da natalidade, da mortalidade e das migrações de indivíduos.

## 2. Taxas de natalidade e mortalidade

Natalidade é o nascimento de indivíduos numa população. É medida



pela *taxa de natalidade*. Esta representa o número de nascimentos de indivíduos numa determinada população, durante um certo tempo e num determinado lugar.

Temos:

$$\text{taxa de natalidade} = \frac{\text{número de nascimentos}}{\text{tempo}}$$

A mortalidade diz respeito às mortes de indivíduos numa população. É medida pela *taxa de mortalidade*, que pode ser definida como o número de mortes em uma população durante um certo tempo, num determinado lugar:

$$\text{taxa de mortalidade} = \frac{\text{número de mortes}}{\text{tempo}}$$

A taxa de mortalidade indica, portanto, o declínio da população por unidade de tempo.

O crescimento de uma população depende da relação entre a natalidade e a mortalidade. A natalidade é fator de crescimento da população, enquanto a mortalidade implica o seu declínio. Dessa forma, uma população, em que a natalidade é maior que a mortalidade, apresenta crescimento, embora ele também fique na dependência de outros fatores, como a entrada e saída de indivíduos.

O crescimento verificado às custas de elevada taxa de natalidade sobre a de mortalidade é denominado *crescimento vegetativo*.

### 3. Dispersão

Dispersão é o modo como os indivíduos se distribuem no espaço. Trata-se do movimento de indivíduos para dentro (imigração) ou para fora (emigração) da população.

A imigração, por aumentar o número de indivíduos, concorre para o crescimento da população. Já a emigração, por diminuir o número de indivíduos da população, é fator de declínio.

As emigrações geralmente ocorrem por falta de alimento. Se uma espécie se estabelece num determinado local, a reprodução faz com que a população cresça. Com o aumento do número de indivíduos, passa a existir uma competição pelo alimento que, não sendo suficiente para todos, obriga muitos a emigrarem à procura de condições de sobrevivência.



#### 4. Distribuição por idade

A composição por idades de uma população é um fator demográfico fundamental, pois permite não só a análise de sua situação atual como a previsão de seu crescimento.

Assim, uma população onde haja um grande número de indivíduos jovens encontra-se em crescimento rápido. Ao passo que uma população onde se verifique distribuição igual de indivíduos em todos os grupos etários encontra-se estacionário em termos de crescimento. Finalmente, uma população onde ocorra um grande número de indivíduos idosos está em declínio.

As populações podem ser apreciadas, graficamente, através da *pirâmide de idade*. Nestes gráficos, colocam-se no eixo das abscissas os percentuais de indivíduos e no eixo das ordenadas os grupos etários.

Na construção das pirâmides de idade, costuma-se representar as idades por retângulos de mesma altura. Os retângulos da direita correspondem ao sexo feminino e os da esquerda ao sexo masculino. A base da pirâmide representa o número de jovens e depende do crescimento vegetativo da população. Já a sua altura é dependente da expectativa média de vida.

Uma pirâmide pode, pelo seu formato, indicar se há ou não crescimento populacional. Uma pirâmide de base larga, indica uma alta porcentagem de indivíduos jovens. Reflete uma população em estágio de crescimento rápido, onde há natalidade elevada.

Uma pirâmide de tipo médio, com a forma de um sino, indica proporção moderada entre jovens e velhos, significando a existência de uma população estacionária. A sua taxa de natalidade é igual à de mortalidade.

Uma pirâmide de base estreita, sob a forma de urna, indica uma população senil em declínio, na qual a taxa de mortalidade é maior que a de natalidade.

#### 5. Crescimento populacional

O crescimento de uma população pode ser definido como o aumento do seu tamanho, ou seja, do número de indivíduos que a compõem.

O crescimento populacional depende de dois fenômenos opostos, da natalidade e da mortalidade. A eles podem ser acrescentados a imigração e a emigração.

Assim, a natalidade e a imigração são fatores que promovem o crescimento de uma população, enquanto a mortalidade e a emigração concorrem para o seu declínio.



Naturalmente, o crescimento também depende de uma série de fatores que o limitam, como a densidade populacional, o suprimento de alimentos, a competição entre os indivíduos e a mortalidade devida ao predatismo, parasitismo e doenças. De forma geral, podemos dizer que estes fatores limitantes agem influenciando as taxas de natalidade e mortalidade da população.

Na natureza as populações tendem a permanecer em equilíbrio dinâmico, aumentando ou diminuindo de tamanho, de forma a não atingir limites que dificultem a sua sobrevivência. As populações naturais permanecem estáveis com um número de indivíduos mais ou menos constante; isto é muito importante para que seja mantido o equilíbrio do ecossistema em que vivem.

A estabilidade da população depende do antagonismo entre dois fatores: potencial biótico e resistência ambiental.

Por *potencial biótico* entendemos a capacidade inata de uma população para crescer em condições favoráveis. O potencial biótico representa a capacidade que os organismos vivos possuem de se multiplicar rapidamente, através da reprodução.

Ao conjunto de fatores capazes de limitar o crescimento populacional denominamos *resistência ambiental*.

Entre os fatores determinantes da resistência ambiental, podemos citar as proporções inadequadas entre os sexos na população, os efeitos do clima e da limitação de espaço, a competição entre os indivíduos de uma população e entre os indivíduos de populações diferentes, e as numerosas causas de morte como velhice, doenças, acidentes, falta de alimento, predação, parasitismo e falta de refúgios. A maioria destes fatores será analisada nos próximos itens, quando falarmos das causas das flutuações (variações de tamanho) das populações.

## 6. Curva de crescimento populacional

As curvas de crescimento populacional foram idealizadas em 1839 pelo matemático francês Pierre François Verhulst. São construídas colocando-se no eixo das ordenadas o número de indivíduos e no eixo das abscissas o tempo.

Estas curvas têm a forma de um S (curva sigmóide) e nelas se identificam três fases distintas: crescimento lento, crescimento rápido e a fase de estabilização.

A fase inicial, de crescimento lento, significa que a população está

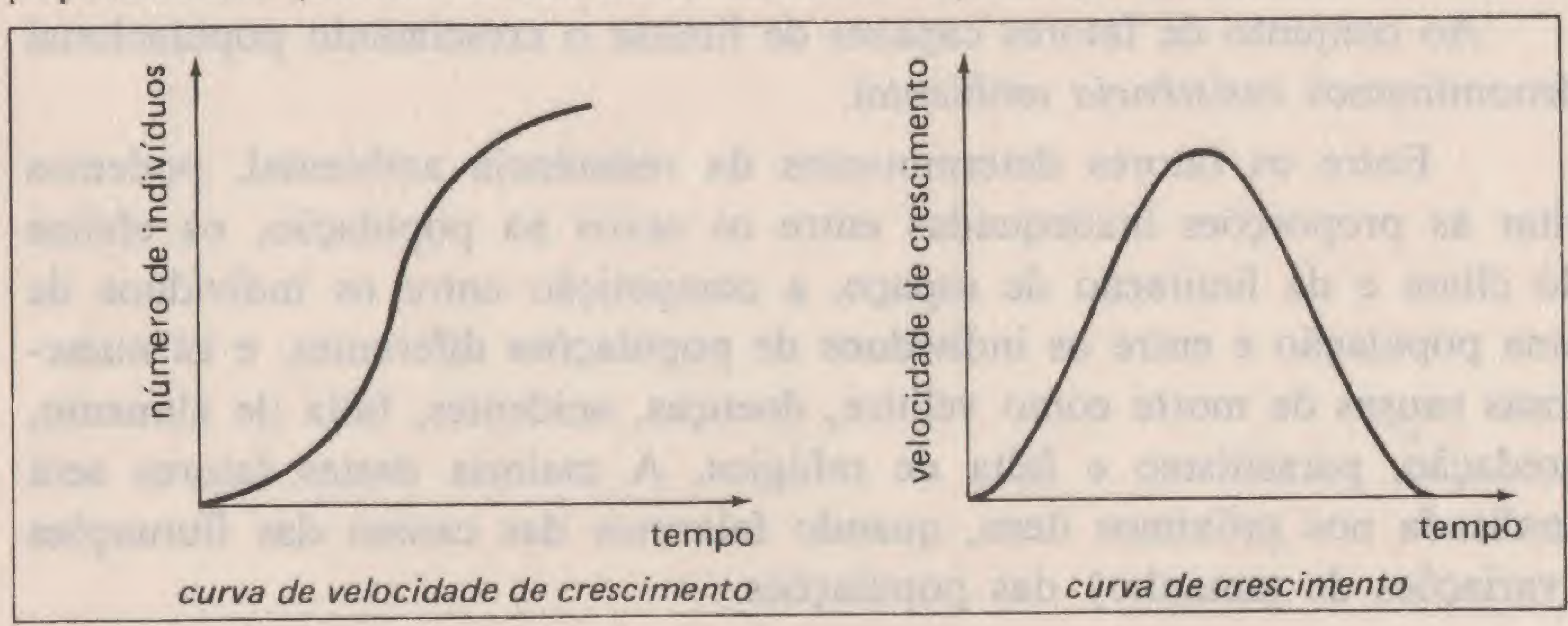


em fase de adaptação ao meio em que vive. O crescimento é prejudicado porque os indivíduos têm suas potencialidades voltadas para a adaptação e não para a reprodução.

A esta fase segue-se a de crescimento rápido, do tipo exponencial. Finalmente, há uma fase de estabilização onde se observam pequenas variações em torno da situação de equilíbrio. Nesta última fase a espécie já atingiu o máximo de crescimento que lhe é permitido pela resistência ambiental, estando a taxa de natalidade em equilíbrio com a de mortalidade.

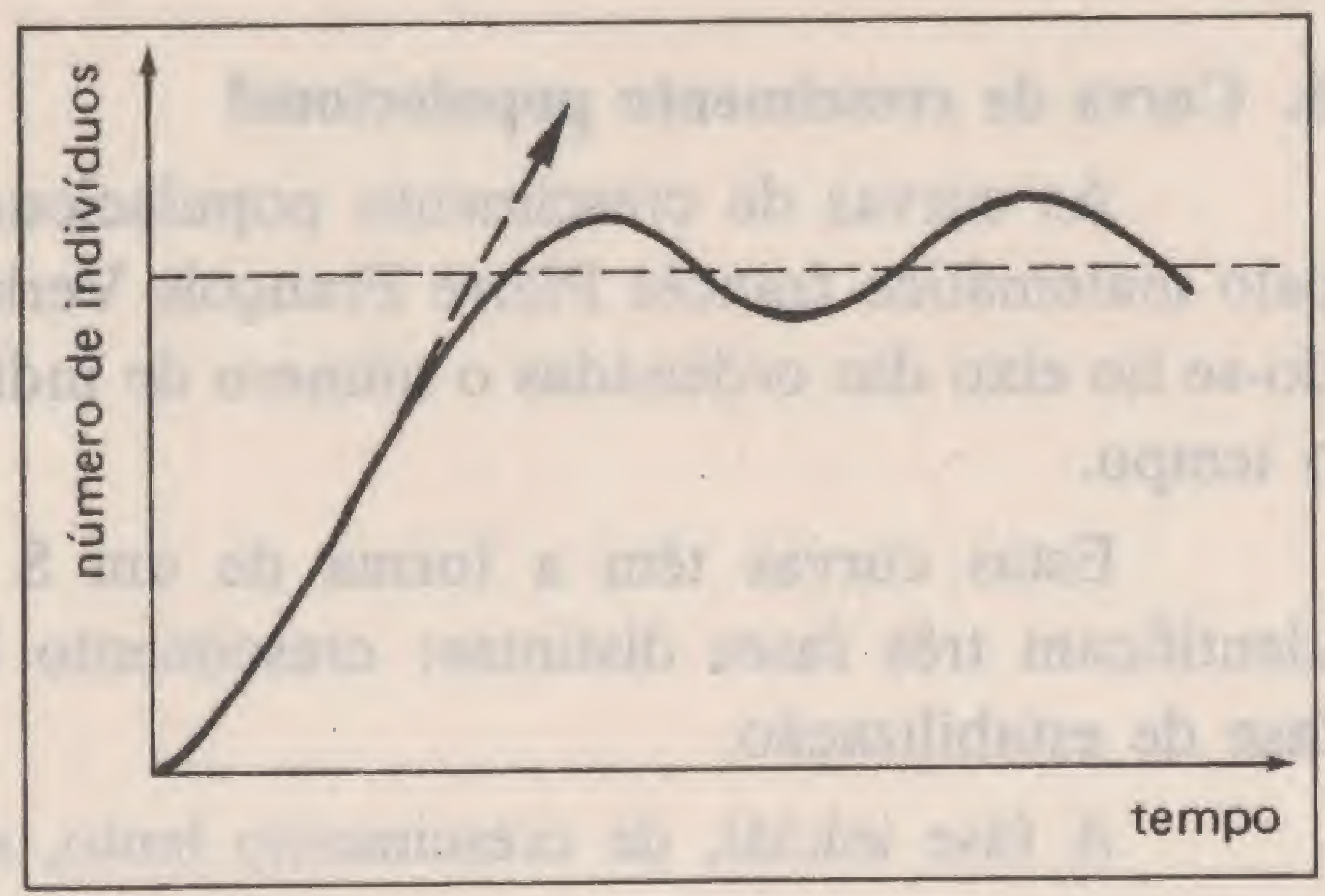
Um outro tipo de curva é a que evidencia a velocidade de crescimento da população (eixo das ordenadas) em função do tempo (eixo das abscissas). Como vimos, o crescimento populacional é, no início lento, o que significa que a velocidade de crescimento é baixa. Quando a população atinge a fase de crescimento rápido, a velocidade aumenta até atingir o seu valor máximo. A partir daí decresce, significando a proximidade do período de estabilização. Quando esta é atingida, a velocidade de crescimento se torna nula.

A curva de crescimento e a curva da velocidade de crescimento populacional (forma de um sino) retratam aquilo que acabamos de expor.



### 7. Flutuações populacionais

*Flutuações* são alterações do tamanho de uma população. Vimos que o crescimento populacional depende de dois fatores antagônicos: o potencial biótico e a resistência ambiental. No gráfico seguinte mostram-se duas curvas possíveis para o





crescimento populacional. A curva contínua representa o crescimento real da população em condições naturais. A curva pontilhada mostra como a população cresceria caso não sofresse ação da resistência ambiental.

A observação do gráfico mostra que devido à resistência ambiental há um momento em que o número de indivíduos permanece mais ou menos constante. A linha horizontal, traçada em pontilhado na região superior do gráfico, representa o número máximo de indivíduos que o meio ambiente consegue sustentar. Trata-se, pois, do limite máximo de crescimento de uma população em um dado ambiente.

Quando a curva do crescimento chega a este limite torna-se nivelada, mantendo-se com valores próximos a ele. É a ocasião em que a população alcançou um equilíbrio dinâmico, e diz-se que está em *homeostase*.

A homeostase pode ser definida como um processo de ajustamento da população no espaço e no tempo. Este ajustamento implica que os organismos vivos tendam a adaptar-se e a atingir um equilíbrio em relação aos componentes abióticos e bióticos que os cercam. Uma população é considerada como uma unidade biológica capaz de se manter em homeostase.

O equilíbrio da população não é, porém, constante. A análise do gráfico mostra que a população ao atingir a situação de equilíbrio sofre flutuações acima ou abaixo do seu limite máximo de crescimento. Como explicar as flutuações?

A resposta está no antagonismo entre o potencial biótico e a resistência ambiental. Se a população ultrapassa o seu limite máximo de crescimento, a resistência ambiental se torna maior que o potencial biótico, verificando-se declínio populacional. Com o declínio, o potencial biótico torna-se maior que a resistência ambiental e a população volta a crescer. É a continuidade deste mecanismo que caracteriza as flutuações populacionais.

## 8. As causas das flutuações

As flutuações populacionais em ambientes naturais são atribuídos a fatores dependentes e independentes da densidade das populações.

São fatores dependentes da densidade populacional: competição, predação, parasitismo, alimentação e doenças. Os independentes da densidade são o espaço e o clima.



### a) Competição

A competição é uma disputa entre organismos, observada quando existe algo em quantidade insuficiente para todos. Distinguem-se dois tipos de competição: a intra-específica e a interespecífica.

A *competição intra-específica* é a que ocorre entre organismos de uma mesma espécie. Geralmente, é motivada por disputas por território e por companheiro sexual. As disputas por território são devidas ao fato de que a maior parte dos animais tem um espaço determinado dentro do ecossistema. Este fato, denominado *territorialidade*, é característico de alguns animais superiores e de muitas espécies de pássaros, que demarcam o seu território e defendem-no contra possíveis invasores.

A *competição interespecífica* ocorre entre indivíduos de espécies diferentes. Ela é um importante fator no controle do tamanho das populações. Quando a competição é muito grande, uma das espécies pode ser completamente eliminada ou ainda obrigada a emigrar à procura de um novo nicho ecológico ou região.

Os primeiros experimentos sobre competição interespecífica foram feitos por Gause, um pesquisador russo. Este pesquisador estabeleceu um princípio sobre competição, denominado *Princípio de Gause*, que tem o seguinte enunciado:

Duas espécies de animais ou plantas que possuam as mesmas necessidades não podem viver no mesmo nicho ecológico por muito tempo.

Quando isso acontece há competição entre as duas espécies em todos os níveis, e isso leva uma das espécies a desaparecer, cedendo lugar à outra.

### b) Predação

Predação é a destruição violenta de um indivíduo por outro. O organismo predador alimenta-se de uma presa que lhe serve como fonte de energia. A presa é menor que o predador pois este, de modo geral, não consegue se alimentar de presas muito maiores que ele.

A predação embora ocasione a morte de alguns indivíduos, pode ser benéfica às populações de presas, impedindo que elas cresçam exageradamente, e selecionando os indivíduos melhor adaptados. Por isso, interferir no relacionamento predador—presa pode ser muitas vezes desastroso.



Desse modo é um erro eliminar predadores para aumentar a caça. Neste caso, a população de caça (presas) cresce exageradamente. O crescimento exagerado limita a disponibilidade de alimentos e, em decorrência, há mortes pela fome ou ainda enfraquecimento dos indivíduos, que assim tornam-se mais suscetíveis a doenças. Todos estes fatores levam a população de presas a diminuir, em vez de crescer. Como vemos, a predação exerce importante papel regulador sobre as populações de predadores e presas.

### *c) Parasitismo*

O parasitismo é um tipo de associação entre dois seres, onde um vive às custas do outro, espoliando-o e podendo até provocar-lhe a morte.

O parasitismo caracteriza-se pela especialização do parasita em relação a um determinado hospedeiro. Trata-se, portanto, de uma associação íntima, cujo resultado pode ser a regulação de ambas as populações.

Podemos estabelecer duas diferenças entre parasitas e predadores:

(1.<sup>a</sup>) O predador é um organismo livre que procura alimento vivo, animal ou vegetal. Já o parasita não é livre, pois, pelo menos numa época da vida, está ligado ao seu hospedeiro.

(2.<sup>a</sup>) O predador mata a presa para comê-la. O parasita não mata o seu hospedeiro a não ser em condições extremas.

### *d) Alimento e espaço*

O alimento regula o crescimento de uma população.

Os efeitos da limitação de alimento e espaço sobre o tamanho de uma população podem ser verificados pela experiência realizada com ratos, por John T. Emlen e seus colaboradores na universidade de Wisconsin (EUA). J. T. Emlen observou o seguinte:

— Utilizando camundongos confinados em viveiros e fornecendo-lhes diariamente uma quantidade fixa de alimento, ocorreu de início crescimento populacional. Quando o alimento se tornou insuficiente, pelo aumento do número de indivíduos, houve queda da taxa de natalidade. Esta queda levou a população a estabilizar-se. A população foi, portanto, regulada pela queda da taxa de natalidade.

— Utilizando uma população de camundongos não confinada e fornecendo-lhes a ração diária de 250 gramas de alimento, a população cresceu até certo ponto, estabilizando-se. Os camundongos continuavam a nascer, o que indica não ter havido queda da taxa de natalidade. A estabili-



zação da população, neste caso, deu-se por emigração de muitos animais. A emigração, foi, portanto, o fator de regulação desta população.

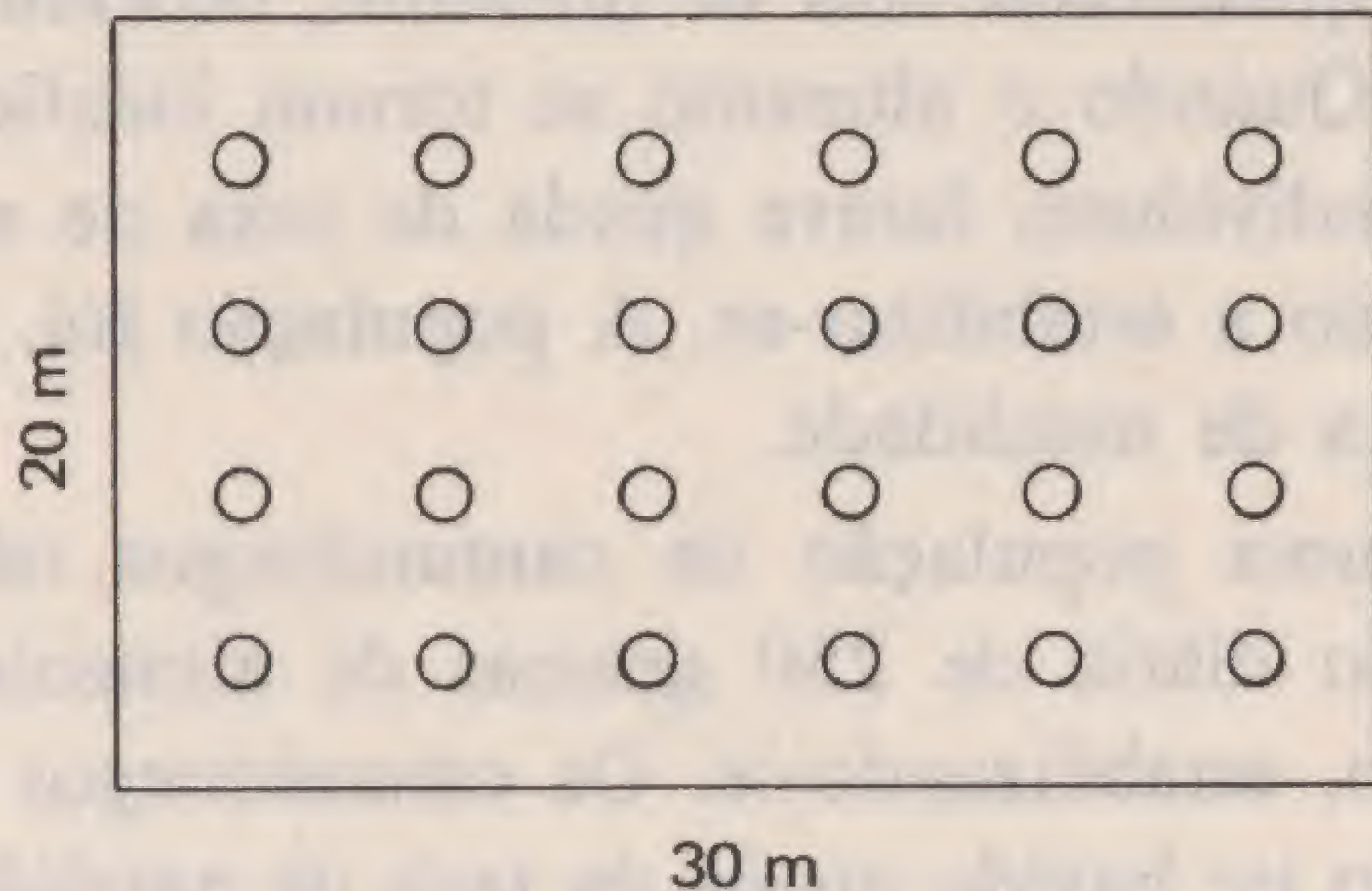
— Utilizando camundongos confinados em viveiros e fornecendo-lhes uma dieta com excesso de alimentos, a população cresceu. Como os animais não podiam emigrar, criou-se uma superpopulação. Ela apresentava como características aumento de agressividade, canibalismo e negligência das fêmeas no cuidado de seus filhotes. Com isto houve mortes que levaram a população a estabilizar-se. Essa população limitada pelo espaço e com alimento sempre disponível foi regulada pelo aumento da taxa de mortalidade.

### e) Clima

Os fatores climáticos são mais importantes para os seres pecilotermos (de temperatura variável), sobre os quais agem diretamente. As ondas de frio, as inundações e as secas podem influir de forma violenta sobre as populações chegando a destruí-las.

## 9. Exercícios

1. Qual o conceito de população?
2. São características de uma população:
  - a) densidade populacional
  - b) natalidade e mortalidade
  - c) dispersão
  - d) distribuição por idade
  - e) todas as anteriores
3. Complete:  
Densidade populacional = \_\_\_\_\_
4. (CESCEM) Considere o esquema abaixo que representa um terreno em que cada círculo é uma árvore da mesma população.





A densidade dessa população é:

- a) uma árvore por  $100 \text{ m}^2$
- b) 2 árvores por  $100 \text{ m}^2$
- c) 4 árvores por  $100 \text{ m}^2$
- d) 6 árvores por  $100 \text{ m}^2$
- e) 8 árvores por  $100 \text{ m}^2$

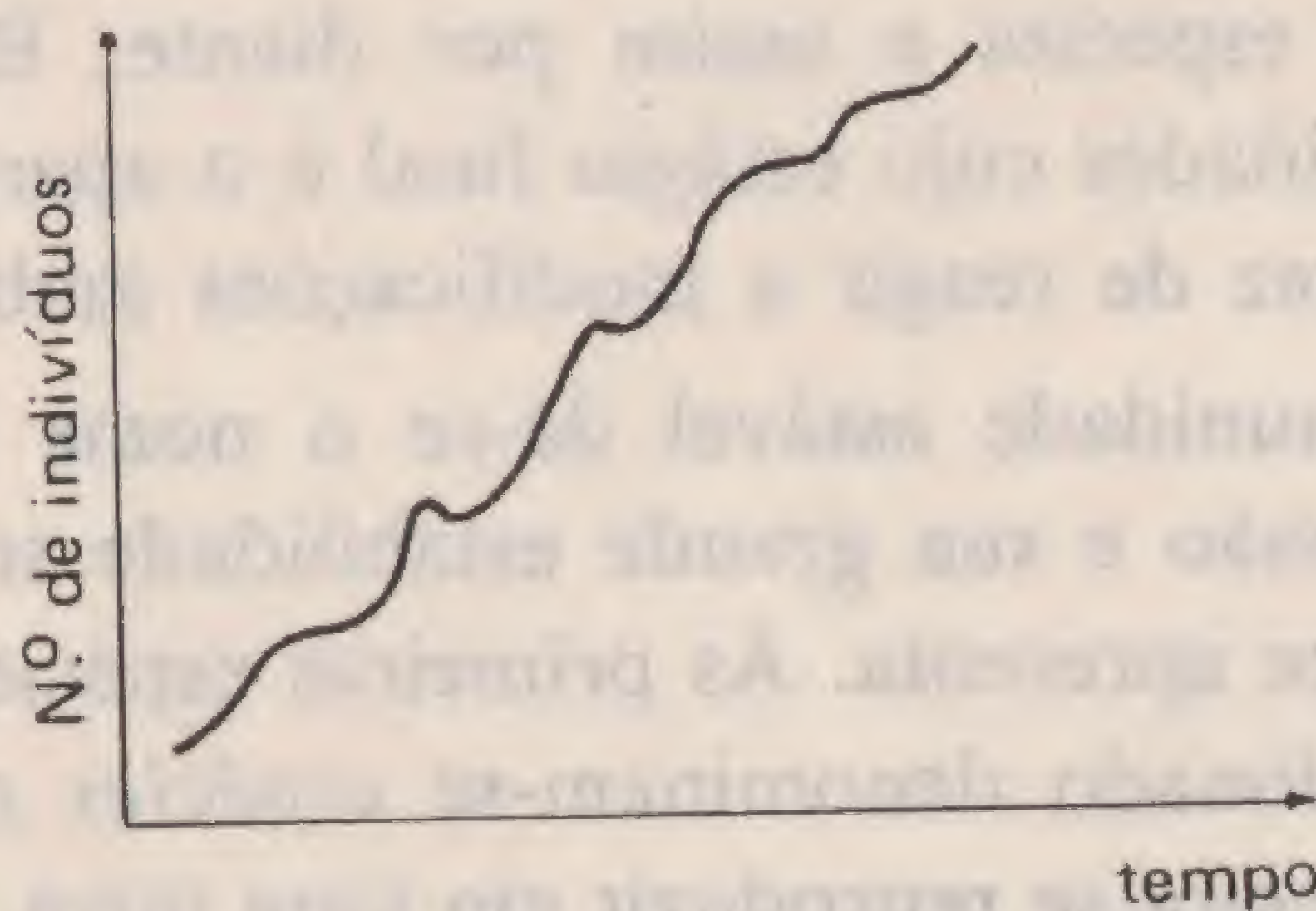
5. (Fund. Carlos Chagas) Em uma população, I, II, III e IV representam, respectivamente, taxas de natalidade, mortalidade, emigração e imigração. Para que essa população cresça é preciso que

- a)  $I > II$  ou  $III > IV$
- b)  $I > II + III$
- c)  $I + IV > II + III$
- d)  $I + III = II + IV$
- e)  $I - II > III - II$

6. (Med. Taubaté) São fatores importantes no estudo do crescimento e declínio das populações

- a) natalidade
- b) mortalidade
- c) emigração
- d) imigração
- e) todos os citados

7. (CESCEM) Considere o seguinte gráfico de crescimento de uma população. O gráfico apresenta uma população:



- a) jovem
- b) em equilíbrio
- c) em processo de extinção
- d) que atingiu o tamanho máximo
- e) que vai diminuir de tamanho

8. (Med. Taubaté) No início de um experimento, um grupo de ratos que habitava uma certa área não fechada recebia uma cota diária de 500 g de alimento. A dose de alimento não foi alterada, tendo-se verificado que também não mais aumentou a densidade da população. Qual a explicação aceita para esse fato?

- a) os ratos tornaram-se canibais
- b) diminuiu a taxa de natalidade
- c) aumentou a taxa de mortalidade
- d) os ratos começaram a abandonar a área
- e) aumentaram as mortes por parasitose, em taxa proporcional ao alimento existente



# Comunidades: As Sucessões Ecológicas

---

## 1. As sucessões

Denomina-se *comunidade* ao conjunto de populações presentes em uma determinada área. Uma comunidade vivendo em determinado ambiente é capaz de modificá-lo. Com a modificação do ambiente pode ocorrer a eliminação ou a expulsão de espécies da comunidade e isto abre a perspectiva de que estas sejam substituídas por outras. Na verdade, o que se verifica é a ocorrência de uma série de substituições. Uma comunidade inicial se estabelece em um local anteriormente desabitado e acaba por modificar o ambiente. Isso permite que aí se fixe uma nova comunidade. Esta nova, por sua vez, também provoca mudanças ambientais, permitindo o estabelecimento de novas espécies e assim por diante. Estabelece-se assim uma *sucessão* de comunidades cujo estágio final é o aparecimento de uma comunidade estável, capaz de reagir a modificações ambientais.

A esta comunidade estável dá-se o nome de *comunidade clímax*. Ela encerra a sucessão e sua grande estabilidade se deve à grande diversidade de espécies que apresenta. Às primeiras espécies que ocupam um lugar sem vida ou abandonado denominam-se *espécies pioneiras*. À capacidade de uma espécie pioneira se reproduzir em uma nova área denomina-se *ecese*. Entre o estabelecimento da primeira comunidade e o estágio clímax o ambiente é ocupado por comunidades temporárias. São denominadas *séries* estas comunidades temporárias que surgem no decorrer da sucessão.

A partir dessas considerações podemos definir sucessão ecológica:

“Sucessão ecológica é um processo de mudanças na constituição das comunidades que se sucedem em um determinado local.”

ou ainda:

“Sucessão ecológica é uma série de estágios do desenvolvimento de uma comunidade estável.”

Uma sucessão é dita *primária* quando ocorre numa área anteriormente sem vida. Se ocorre numa área abandonada onde anteriormente já houve uma comunidade que foi destruída a sucessão é dita *secundária*. Quando numa sucessão há predominância inicial de organismos heterótrofos fala-se em *sucessão heterotrófica*. Esta sucessão ocorre em ambientes pre-



dominantemente orgânicos. *Sucessão autotrófica* é aquela em que há predominância inicial e precoce de organismos autótrofos. Ela se inicia em ambientes predominantemente inorgânicos e constitui o tipo mais comum de sucessão observada na natureza.

## 2. Um exemplo de sucessão

Um bom exemplo de sucessão primária é o observado em rocha nua. A rocha, sendo compacta, não permite a penetração de água em si mesma. Os primeiros seres vivos que aparecem sobre ela, ou seja, as espécies pioneiras são os líquens. Estes produzem ácidos que corroem e abrem fendas na rocha. Dessa forma, a rocha vai sendo desagregada e forma-se uma camada de solo. Para formação do solo também contribuem as intempéries como congelamento, fusão, aquecimento e expansões. Estes processos, por provocar contrações e expansões dos materiais da rocha, acabam por quebrá-la em pedaços.

A formação do solo permite o aparecimento de musgos. Estes crescem mais que os líquens e sobrepujam-nos, ocorrendo, portanto, a substituição da comunidade inicial.

O aparecimento de musgos modifica o solo e dá condições para que nele germinem sementes. A partir daí surgem arbustos que sobrepujam os musgos. Gradativamente, surgem árvores de maior porte até que no local se desenvolve uma floresta. Esta, atingindo o seu clímax, poderá persistir por milhares de anos.

Importa observar que cada estágio de aparecimento de vegetais é acompanhado do surgimento de espécies animais.

## 3. Características de uma sucessão

São características de uma sucessão, partindo do estágio inicial para o estágio clímax, o aumento da diversidade de espécies, o aumento da biomassa, a diminuição da produção líquida e o aumento da respiração.

A *diversidade de espécies* aumenta com a sucessão. Assim, os estágios climácicos apresentam maior diversidade de espécies.

A *biomassa* ou matéria orgânica aumenta com a sucessão, sendo maior nos estágios climácicos. Este fato relaciona-se com o aumento da diversidade de espécies. Isto porque o aumento de biomassa faz surgir novos nichos ecológicos, permitindo a instalação de novas espécies.

Numa sucessão observa-se ainda *diminuição da produção líquida e aumento da respiração*. Define-se *produtividade* como a capacidade de



um ecossistema produzir compostos orgânicos. A produção pode ser bruta e líquida. Produção bruta é o total de matéria orgânica produzida. Já a produção líquida é o valor da produção bruta do qual se subtrai a massa (ou energia) consumida na respiração.

Podemos agora analisar o que ocorre em uma sucessão, discutindo em separado os estágios iniciais e os estágios climáticos.

### *Estágios iniciais da sucessão*

Nos estágios iniciais a atividade autotrófica é maior que a heterotrófica. Por isso, a produção bruta (P) é maior que a respiração (R), e a relação entre ambas tende a ser maior que 1:  $\frac{P}{R} > 1$ .

Considerando que a produção líquida é igual à diferença entre a produção bruta e a respiração, veremos que ela é alta nos estágios iniciais da sucessão.

### *Estágios climáticos*

Nas comunidades climáticas a atividade autotrófica praticamente se iguala à heterotrófica. Assim, a produção bruta e a respiração se equivalem e a relação entre ambas tende à unidade:  $\frac{P}{R} \cong 1$ .

Isto representa que tudo o que está sendo produzido é utilizado, e a produção líquida é baixa.

## **4. Exercícios**

1. (FAAP) Que é uma sucessão vegetal?

2. (UFSCAR) O estágio final de uma sucessão é:

a) a agregação

d) o clímax

b) a ecese

e) a colonização

c) a migração

3. (PUCRS) O processo pelo qual uma comunidade muda gradualmente, até a sua identificação como uma comunidade diferente, recebe o nome de:

a) clímax

d) migração

b) homeostase

e) sucessão

c) integração

4. (Uberaba) A expressão “uma série de mudanças graduais no conjunto dos organismos que ocupam um espaço até o estabelecimento de uma comunidade clímax” refere-se a:



- a) adaptação
- b) mutação

- c) evolução
- d) sucessão

5. (FAAP) O que é um clímax vegetal?
6. (FATEC) As mudanças climáticas e geológicas que se processam em longos períodos de tempo influenciam as atividades dos organismos que vivem numa comunidade. A uma comunidade que passa por mudanças gradativas dando outra diferente, chama-se:
- a) bioma
  - b) nicho ecológico
  - c) comunidade clímax
  - d) comunidade de transição
  - e) sucessão
7. (PUCSP) Numa sucessão de comunidade ocorre:
- a) constância de biomassa e de espécies
  - b) diminuição de biomassa e menor diversificação de espécies
  - c) diminuição de biomassa e maior diversificação de espécies
  - d) aumento de biomassa e menor diversificação de espécies
  - e) aumento de biomassa e maior diversificação de espécies
8. (UFSCAR) Nos estágios serais e no estágio climácico de um ecossistema, a relação produção bruta/respiração da comunidade é:
- a) no primeiro caso, maior ou menor que 1 (um) e, no segundo, aproximadamente igual a 1 (um)
  - b) no primeiro caso, aproximadamente igual a 1 (um) e, no segundo, maior ou menor que 1 (um)
  - c) no primeiro caso, maior que 1 (um) e, no segundo, sempre menor que 1 (um)
  - d) no primeiro caso, menor que 1 (um) e, no segundo, sempre menor que 1 (um)
  - e) no primeiro caso, sempre menor que 1 (um) e, no segundo caso, igual a 1 (um)
9. (Esc. Med. Cir./RJ) Qual das definições abaixo corresponde melhor à conceituação de "sucessão ecológica"
- a) seqüência de estágios dinâmicos, ordenada ou desordenada, de diferentes sere-clímax
  - b) progressiva seqüência de substituição de comunidade sobre um dado ponto, área ou localidade, processando-se em ritmo ordenado
  - c) transferência de comunidades com o estabelecimento de séries de nichos-habitat
  - d) estabelecimento de nichos tendo em vista a transferência sucessiva e ordenada de comunidades
  - e) seqüência total de comunidades, desde a instalação até o produto final, incluindo os fenômenos serais
10. (UFSCAR) Em um região em que ocorre devastação completa da vegetação pode-se esperar:
- a) melhores condições de vida para os animais da região por passarem a ter mais espaço à disposição
  - b) modificação do regime alimentar dos herbívoros, que podem até se tornar autótrofos
  - c) uma grande dificuldade para a sobrevivência dos animais da região, forçando sua fuga ou acarretando sua morte
  - d) uma intensa migração de animais de outras áreas para a região, já que ela oferece condições de vida excepcionais
  - e) um ambiente menos poluído e mais rico em oxigênio e alimento para os homens da região



# As Relações Entre os Seres Vivos

As comunidades bióticas são constituídas por um número variável de organismos da mesma espécie ou de espécies diferentes. Entre as espécies que formam uma comunidade observam-se vários tipos de relações. Estas relações se diferenciam pelos tipos de dependência que os organismos vivos mantêm entre si. Basicamente classificam-se as relações entre os seres vivos em dois tipos: as harmônicas ou positivas e as desarmônicas ou negativas. *Relações harmônicas* são as que se caracterizam pelo benefício mútuo de ambos os seres vivos, ou de apenas um deles, sem prejuízo do outro. *Relações desarmônicas* são as em que ocorre prejuízo de um dos participantes em benefício do outro.

As relações harmônicas e as desarmônicas podem ocorrer entre indivíduos da mesma espécie e indivíduos de espécies diferentes. Quando ocorrem entre organismos da mesma espécie são denominadas *relações intra-específicas* ou *homotípicas*. Quando as relações ocorrem entre organismos de espécies diferentes recebem o nome de *interespecíficas* ou *heterotípicas*.

## 1. Relações harmônicas intra-específicas

São relações harmônicas intra-específicas as colônias e as sociedades.

As *colônias* são associações harmônicas entre indivíduos de uma mesma espécie, anatomicamente ligados, que, em geral, perderam a capacidade de viver isoladamente. A separação de um indivíduo da colônia determina a sua morte.

Quando as colônias são constituídas por organismos que apresentam a mesma forma, não ocorre divisão de trabalho. Todos os indivíduos são iguais e executam todas as funções vitais. Essas colônias são denominadas *homomorfas* ou *isomorfas*. Como exemplos, podem ser citadas as colônias de corais (celenterados), de crustáceos do gênero *Balanus* (as cracas), de certos protozoários etc.

Quando as colônias são formadas por indivíduos com formas e funções distintas, ocorre uma divisão de trabalho. Essas colônias são denominadas de *heteromorfas*. Um ótimo exemplo é o celenterado da espécie *Physalia caravelas*, popularmente conhecido por “caravelas”. Elas formam



colônias com indivíduos especializados na proteção e defesa (os dactilizóides), na reprodução (os gonozóides), na natação (os nectozóides) e na flutuação (os pneumatóforos).

As *sociedades* são associações entre indivíduos da mesma espécie, organizados de modo cooperativo e não ligados anatomicamente. Os indivíduos componentes de uma sociedade se mantêm unidos graças aos estímulos recíprocos que ocorrem entre eles. Essa troca de estímulos reflete o comportamento social do grupo.

As sociedades também podem ser classificadas em *homomorfas* ou *isomorfas* e *heteromorfas*.

As *sociedades homomorfas* ou *isomorfas* são constituídas por organismos morfológicamente semelhantes; essas sociedades não possuem divisão de trabalho. São também denominadas sociedades *irregulares*. Nota-se, nesse tipo de sociedade, um certo individualismo, pois todos os organismos são capazes de realizar todas as funções no grupo.

As sociedades isomórficas se desfazem quando as condições que motivaram a sua existência desaparecem. Como exemplos desse tipo de sociedade pode-se citar: as alcateias de lobos, as cáfilas de camelos, os cardumes de peixes, as manadas de herbívoros e a própria sociedade humana.

As sociedades *heteromorfas* são constituídas por indivíduos morfológica e fisiologicamente diferentes uns dos outros. Esses indivíduos formam agrupamentos distintos que são denominados *castas*.

As sociedades heteromorfas também são conhecidas como *sociedades regulares*. Como exemplos dessa forma de sociedade destacamos, entre outras, as abelhas melíferas e as formigas, que são insetos himenópteros.

## 2. Relações harmônicas interespecíficas

São relações harmônicas interespecíficas o mutualismo, a protocooperação, o comensalismo e o inquilinismo.

O *mutualismo* é uma associação entre indivíduos de espécies diferentes, da qual ambos se beneficiam. A sobrevivência dos seres que se associam é muito difícil, ou mesmo impossível, quando separados. São exemplos de mutualismo os líquens, a bacteriorriza e a micorriza. *Líquens* são associações mutualísticas entre algas e fungos. O fungo protege a alga e cede-lhe umidade e sais minerais. A alga fornece ao fungo parte da matéria orgânica que sintetiza através da fotossíntese. *Bacteriorriza* é uma associação entre algas do gênero *Rhizobium* e as células das raízes de legumino-



sas onde constituem nodosidades. As bactérias fixam o nitrogênio do ar atmosférico transformando-o em compostos nitrogenados que cedem às leguminosas. Em troca, as leguminosas cedem às bactérias substâncias orgânicas que sintetizam. A *micorriza* é um tipo de associação mutualística que ocorre entre fungos e raízes de certas orquídeas e raízes da maioria das árvores florestais. O fungo, decompositor de substâncias orgânicas, fornece às plantas o nitrogênio e outros nutrientes minerais na forma assimilável. As plantas, em troca, cedem ao fungo compostos orgânicos por elas sintetizadas.

A *protocooperação* ou *cooperação* é uma associação entre indivíduos de espécies diferentes em que ambos se beneficiam mas cuja coexistência não é obrigatória. Um exemplo de protocooperação é o caso do pássaro-palito e o crocodilo. Os crocodilos que vivem nas margens do rio Nilo têm por hábito deixar a boca aberta enquanto dormem. O pássaro-palito aproveita essa ocasião para se alimentar dos parasitas e restos de alimentos encontrados entre os dentes ou na boca do crocodilo. Dessa forma o pássaro-palito livra o crocodilo de parasitas e, ao mesmo tempo, alimenta-se.

O *comensalismo* é uma associação entre indivíduos de espécies diferentes onde um deles aproveita-se dos restos do outro, sem prejudicá-lo. O animal que aproveita esses restos alimentares é denominado *comensal*. Um exemplo de comensalismo é o observado entre a rêmora e o tubarão. A rêmora ou peixe-piolho é um peixe ósseo que apresenta a nadadeira dorsal transformada em ventosa, com a qual se fixa ao corpo do tubarão. A rêmora além de ser transportada pelo tubarão, aproveita os restos de sua alimentação. O tubarão não é prejudicado, pois o peso da rêmora é insignificante.

O *inquilinismo* é uma associação entre indivíduos de espécies diferentes em que um deles procura abrigo ou suporte no corpo do outro sem prejudicá-lo. Um exemplo de inquilinismo é a associação entre as orquídeas e bromélias com o tronco de árvores. Essa associação recebe o nome de epifitismo, sendo as orquídeas e bromélias denominadas epífitas. São assim denominadas por viverem sobre o tronco das árvores, condição que as favorece por terem abrigo, proteção e luz ideal. As orquídeas e bromélias não prejudicam as plantas sobre as quais crescem. Denomina-se *forésia* ao fato de uma espécie inquilina ser transportada pela hospedeira. É o caso do transporte de sementes e grãos de pólen por animais.

### 3. Relações desarmônicas intra-específicas

Analisaremos o canibalismo. *Canibalismo* é uma associação desarmô-



nica na qual um indivíduo mata e devora o outro da mesma espécie. Esse tipo de interação é comum entre certas aranhas fêmeas que, logo após o ato sexual, matam e devoram os machos.

#### 4. Relações desarmônicas interespecíficas

São relações desarmônicas interespecíficas o parasitismo, o predatismo, o amensalismo e o esclavagismo.

O *parasitismo* é uma associação desarmônica entre indivíduos de espécies diferentes, na qual um vive às custas do outro, prejudicando-o. O indivíduo que prejudica é denominado *parasita* ou *bionte*. O prejudicado recebe o nome de *hospedeiro* ou *biosado*. Os parasitas são responsáveis por muitos tipos de doenças ou parasitoses, algumas delas de grande importância. É o caso da doença de Chagas, esquistossomose, malária, tuberculose, sarampo etc.

O *predatismo* é uma interação desarmônica na qual um indivíduo (predador) ataca, mata e devora o outro (presa) de espécie diferente. Predadores e presas apresentam uma série de adaptações que permitem executar mais eficazmente as suas atividades. São exemplos de adaptações apresentadas pelos predadores: dentes afiados dos tubarões, caninos desenvolvidos dos carnívoros, veneno das cobras etc. São adaptações apresentadas por presas: os espinhos dos ouriços, as cores que se confundem com o meio ambiente etc. Uma adaptação apresentada tanto por predadores quanto por presas é o *mimetismo*. Este é uma adaptação que certos animais apresentam com a finalidade de se confundir na cor e no aspecto (ou em ambos) com o meio onde vivem. Para os predadores o mimetismo serve ao ataque, para as presas à defesa. Um exemplo de mimetismo é o *batesiano* no qual o predador é iludido pela semelhança da presa com um “modelo” que ele aprendeu a recusar. São exemplos as moscas inócuas parecidas com abelhas, a falsa coral etc.

O *amensalismo* é uma relação desarmônica na qual uma espécie inibe o crescimento de uma outra denominada amensal. Esta relação é também conhecida como *antibiose*. Um exemplo de amensalismo é o observado em certas plantas cujas raízes produzem substâncias tóxicas capazes de inibir o crescimento de outras plantas.

O *esclavagismo* é uma relação desarmônica na qual uma espécie captura e faz uso do trabalho, das atividades e até dos alimentos de outra espécie.

Um exemplo é a relação entre as formigas e os pulgões (Afídeos).



Os pulgões são parasitas de certos vegetais. Alimentam-se da seiva elaborada que retiram dos vasos liberianos de plantas como a roseira, a orquídea etc.

A seiva elaborada é rica em açúcares e pobre em aminoácidos. Por absorverem muito açúcar, os pulgões eliminam o seu excesso pelo ânus.

Este açúcar eliminado é aproveitado pelas formigas que chegam a acariciar com suas antenas o abdome dos pulgões, fazendo-os eliminar mais açúcar.

As formigas transportam os pulgões para os seus formigueiros e os colocam sobre raízes delicadas, para que eles retirem a seiva elaborada.

Muitas vezes as formigas cuidam da prole dos pulgões para que no futuro, escravizando-os, obtenham açúcar.

Alguns autores consideram esse tipo de interação como uma forma de protocooperação, particularmente denominada *sinfilia*.

## 5. Exercícios

1. As colônias são:
  - a) relações harmônicas interespecíficas
  - b) relações harmônicas intra-específicas
  - c) relações desarmônicas interespecíficas
  - d) relações desarmônicas intra-específicas
  - e) n.d.a.
2. Que são sociedades? Dê exemplos.
3. (FAAP) O que é mutualismo? Dê exemplo.
4. (PUC) Os fungos são seres A , B , que em associação com algas, seres C , D , formam os E . A essa associação dá-se o nome de F . A sequência correta de palavras que, preenchendo os espaços A, B, C, D, E, F, tornarão a frase acima verdadeira, é:
  - a) clorofilados, autótrofos, aclorofilados, heterótrofos, líquenes, simbiose
  - b) aclorofilados, heterótrofos, clorofilados, autótrofos, líquenes, simbiose
  - c) aclorofilados, heterótrofos, clorofilados, autótrofos, sorédios, comensalismo
  - d) aclorofilados, heterótrofos, aclorofilados, heterótrofos, sorédios, simbiose
  - e) clorofilados, autótrofos, clorofilados, autótrofos, musgos, mutualismo
5. (PUC) Quando o relacionamento entre dois seres vivos resulta em benefício para ambos os associados, dizemos que ocorre:
  - a) mutualismo
  - b) comensalismo
  - c) hiperparasitismo
  - d) forésia
  - e) parasitismo



6. (FATEC) As bactérias pertencentes ao gênero *Rhizobium* vivem nas raízes de plantas da família das leguminosas. Daí extraem matéria orgânica necessária à produção de energia que é utilizada na fixação de nitrogênio do ar que circula no solo. Uma vez fixado, o nitrogênio é transformado em amônia que será utilizada pela planta na síntese de aminoácidos. A relação entre bactérias e plantas descrita acima é um exemplo de
- mutualismo
  - parasitismo
  - predatismo
  - competição
  - comensalismo
7. (Ouro Preto) A associação entre seres de espécies diferentes em que uma das espécies obtém, progressivamente, benefícios para si, mesmo à custa da matéria viva de outra espécie, prejudicando-a, denomina-se:
- parabiose
  - predatismo
  - comensalismo
  - canibalismo
  - parasitismo
8. (FUVEST) O que são parasitas? Dê exemplos.
9. (Med. Catanduva) Na tuberculose pulmonar existe uma associação do tipo:
- simbiótica
  - parasítica
  - saprofítica
  - predatória
  - n.d.a.
10. (FUVEST) As orquídeas que produzem flores tão apreciadas são:
- hemiparasitas
  - heteroautótrofas
  - parasitas
  - mesótrofas
  - autótrofas
11. (Santa Cecília) Sabemos que alguns vegetais possuidores de pouca clorofila vivem sobre outros vegetais e que suas raízes penetram nesses mesmos vegetais para sugar-se de seiva já elaborada. Este é um exemplo de:
- comensalismo
  - simbiose
  - parasitismo
  - mutualismo
12. Conceitue hospedeiros definitivos e intermediários.
13. (CESGRANRIO) No combate às larvas dos anofelinos (mosquitos transmissores de malária), foi utilizado com eficiência um pequeno peixe larvófago (*Gambusia affinis*). A utilização deste animal, na área de saneamento para o controle desta parasitose, foi bem sucedida em regiões infestadas pelo Anófeles, e onde era grande a incidência da malária. O método citado, não poluente, substitui o clássico processo de deposição de óleo na superfície da água, que mata as larvas por asfixia. A ação do peixe *Gambusia affinis* em relação aos anofelinos é um exemplo de:
- predatismo
  - parasitismo
  - comensalismo
  - simbiose
  - amensalismo
14. O que é predatismo?



# *A Fitogeografia do Brasil*

A primeira divisão do Brasil em zonas fitogeográficas foi feita por Carl Friedrich Phillipp von Martius. Este naturalista veio para o Brasil em 1917, fazendo parte de uma comitiva de sábios que acompanhou dona Leopoldina. Martius, publicou uma obra denominada *Flora Brasiliensis*, continuada por outros naturalistas, mesmo após a sua morte. Nesta obra, constituída de 130 fascículos reunidos em 40 volumes, estão descritas 20 000 espécies vegetais brasileiras. A maior parte da flora brasileira é conhecida graças aos trabalhos de von Martius e seus colaboradores.

## **1. Distribuição da vegetação no Brasil**

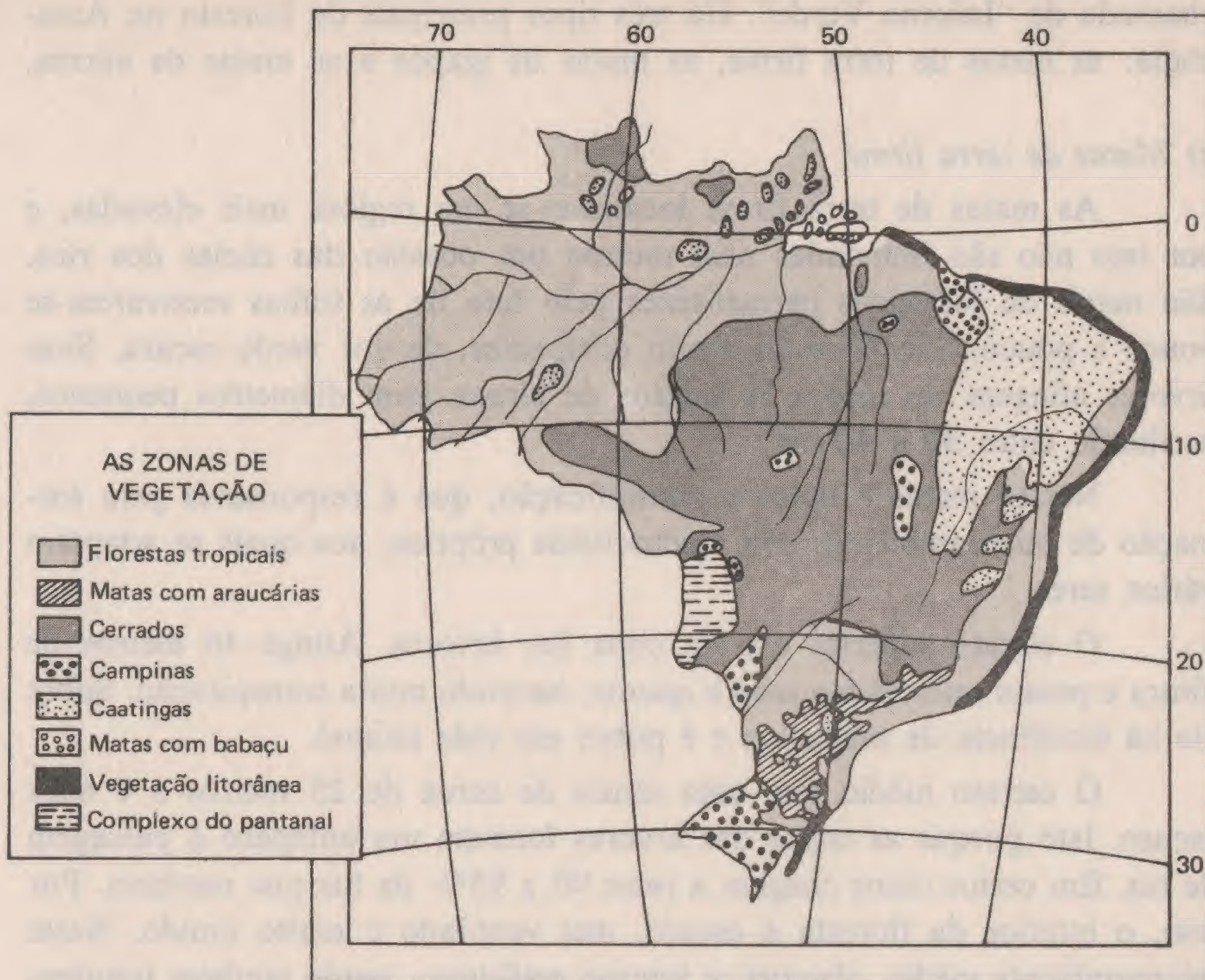
A divisão atualmente utilizada para a vegetação no Brasil obedece de um modo geral à anteriormente feita por von Martius. Distinguem-se 6 zonas principais de vegetação:

- Floresta amazônica
- Caatinga
- Campos cerrados
- Pampas
- Mata atlântica (costeira)
- Mata de araucárias

Essas seis zonas correspondem a 97% da vegetação brasileira. Os 3% restantes estão representados por uma vegetação complexa. Esta é representada pela zona dos cocais do Norte, pelo pantanal do Mato Grosso e por manguezais, dunas e restingas do litoral.

O mapa que se segue mostra as principais zonas de vegetação no Brasil:





## 2. Floresta amazônica

A palavra Hiléia (terra de floresta) foi utilizada por Humboldt para designar uma das maiores áreas florestais úmidas do mundo, a Floresta Amazônica. Ela apresenta cerca de 3,5 milhões de km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 40% da superfície do Brasil. Estende-se pelos Estados do Acre, Amazonas, Pará e Territórios do Amapá, Roraima e Rondônia. Cobre também a parte norte do Estado do Maranhão.

O clima da região é predominantemente equatorial com chuvas constantes. A temperatura média oscila entre 25° e 26°C. A região é bastante plana e o solo difícil de se definir, dada a sua extensão. Geralmente é pouco profundo e recoberto por folhas que caem das árvores. Essas folhas, ao sofrerem decomposição, formam húmus, daí as regiões onde existe mata terem solos bastante férteis.

A Hiléia Amazônica não é constituída só por floresta e nem mesmo por um só tipo de floresta. Antes, abriga vários tipos de floresta, além de campos e mesmo cerrados.

Apesar disso, o principal componente é sempre a floresta, daí ser



chamada de “Inferno Verde”. Há três tipos principais de floresta na Amazônia: as matas de terra firme, as matas de igapós e as matas de várzea.

#### a) *Matas de terra firme*

As matas de terra firme localizam-se em regiões mais elevadas, e por isso não são inundadas nem mesmo por ocasião das cheias dos rios. São matas de folhagens permanentes pelo fato de as folhas renovarem-se pouco a pouco. São florestas muito compactas, de cor verde escura. Suas árvores atingem em média 30 metros de altura, com diâmetros pequenos, oscilando entre 30 e 40 cm.

Nessas matas é típica a estratificação, que é responsável pela formação de microambientes com microclimas próprios, aos quais se adaptam vários seres.

O estrato superior é o da copa das árvores. Atinge 40 metros de altura e possui microclima seco e quente, havendo muita transpiração. Sobre ele há incidência de muita luz e é pobre em vida animal.

O estrato médio tem uma altura de cerca de 25 metros e é mais escuro. Isto porque as copas das árvores formam um anteparo à passagem de luz. Em certos casos chegam a reter 90 a 95% da luz que recebem. Por isso, o interior da floresta é escuro, mal ventilado e muito úmido. Neste microambiente médio, observa-se intenso epifitismo, sendo também frequentes cipós lenhosos de grandes dimensões.

O estrato inferior é muito escuro, quente e úmido. Não há vegetação rasteira e o solo é rico em húmus.

Entre as principais espécies vegetais encontradas nas matas de terra firme destacamos:

*Bertholletia excelsa* — é a castanheira-do-pará

*Paulinia cupana* — é de suas sementes se extrai o guaraná

*Teobroma cacao* — de suas sementes se extrai a manteiga de cacau que dá chocolate

#### b) *Matas de igapós*

Estas matas localizam-se em terrenos mais baixos que as matas de terra firme; ficam próximas aos rios, estando por isso continuamente inundadas.

As espécies vegetais aí encontradas são adaptadas a terrenos alagadiços. Entre as adaptações observadas, temos a presença de raízes suportes (adventícias) e raízes tabulares. Estas crescem para fora do solo inundado



e, através de aberturas denominadas lenticelas, permitem a utilização pela planta do oxigênio do ar atmosférico.

As árvores desta floresta têm em média 20 metros de altura, com ramificações baixas e densas. Observa-se também a presença de numerosas espécies epífitas.

Chama ainda atenção na região do Alto Amazonas, a existência da vitória-régia que, possuindo uma região caulinar enterrada na lama, mostra na superfície folhas imensas.

### c) *Matas de várzeas*

As matas de várzeas são temporariamente inundadas por estarem em terrenos mais ou menos elevados.

Nas várzeas mais próximas dos rios, a vegetação é semelhante à dos igapós. Já as várzeas situadas em terrenos mais altos ficam alagadas por pouco tempo, daí sua vegetação assemelhar-se à da terra firme. Nestes terrenos mais altos encontram-se, entre outras espécies, palmeiras e seringueiras (*Hevea brasiliensis*).

## 3. Caatingas do Nordeste

A palavra caatinga, de origem tupi, significa mata clara. Essa mata recebe nome por apresentar-se verde apenas no inverno, ocasião em que ocorrem chuvas de curta duração. Nas outras épocas do ano, as árvores perdem as folhas e a mata apresenta-se clara. Por perder as folhas na época da seca, a caatinga recebe também o nome de floresta caducifólia.

A caatinga no Nordeste apresenta uma extensão de cerca de 1.000.000 de km<sup>2</sup> o que representa 11% da superfície do Brasil. Localiza-se nos Estados do Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e uma parte do norte de Minas Gerais. Não atinge o litoral, exceto na região de Fortaleza no Ceará, onde se aproxima do mar.

A região apresenta clima tropical com seca acentuada. As chuvas ocorrem apenas no inverno e são bastante irregulares. O verão é muito quente e no inverno não há frio. Durante o verão os rios geralmente secam, com exceção do São Francisco.

O solo da região é considerado fértil, sendo bem arejado e possuindo boa permeabilidade. É claro que a produção da terra fica na dependência da existência de chuvas.

As plantas da caatinga apresentam adaptações à falta de água. Assim, são suculentas e perdem as folhas na época da seca. Possuem raízes



bem desenvolvidas, o que lhes permite absorver mais a água disponível do solo. Além disso, possuem um rápido mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, o que evita a transpiração excessiva.

Em plantas como as cactáceas, há redução das folhas que ficam transformadas em espinhos.

Na caatinga predominam árvores pequenas, suculentas, que em média atingem oito metros de altura. Entre as espécies aí encontradas podemos citar: barriguda, catingueira, xique-xique, palmatória, jericó, juazeiro, coroa-de-frade, macambira, quixabeira, mandacaru, quipá etc.

#### **4. Campos cerrados**

Os campos cerrados ocupam uma área de aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 25% do território brasileiro.

Compreendem os Estados de Mato Grosso, Goiás, e partes de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Piauí e Maranhão.

O clima nas regiões de cerrado é tropical. Há uma estação seca com duração de 5 a 7 meses. Nesta época os rios não secam, mas têm sua vazão diminuída.

Os solos dos cerrados são arenosos, ácidos e deficientes em numerosas substâncias químicas. Essa deficiência em substâncias químicas tem como causa principal o excesso de alumínio observado nesses solos. São solos profundos, chegando a 20 metros, onde se encontra um grande lençol freático.

Por isso possuem sempre muita água, mesmo durante a seca.

A vegetação do cerrado é formada de árvores com troncos tortuosos, casca grossa e folhas coriáceas de superfície brilhante. Essas árvores, espalham-se sobre uma vegetação rasteira.

Como vemos, a vegetação apresenta características de regiões onde a água é escassa. Contudo, como dissemos, no cerrado não há falta de água.

Hoje sabemos que as características apresentadas pela vegetação são dependentes do solo onde faltam vários componentes nutricionais. Como a falta destes componentes depende do excesso de alumínio, podemos dizer que este influi nas características apresentadas pela vegetação.

As árvores locais apresentam adaptações para aí sobreviver. Entre essas adaptações citamos a presença de raízes que chegam a ter 18 metros, atingindo o lençol freático de onde obtêm água.



A vegetação do cerrado distribui-se em dois estratos: arbóreo-arbustivo e herbáceo.

O estrato arbóreo é constituído por cerca de 600 espécies, entre as quais se destacam: ipê-do-cerrado, angico, caviúna, sucupira, mata-barata, jacarandá-do-campo, barbatimão, piqui e quáleia.

O estrato herbáceo é constituído por cerca de 1.200 espécies, principalmente gramíneas como o capim-flecha e o barba-de-bode.

## **5. Pampas**

Os pampas ou campos limpos localizam-se no Rio Grande do Sul. O clima da região é subtropical, com verão quente e inverno muito frio. A chuva se distribui regularmente, não se observando secas.

A vegetação predominante é rasteira e forma uma ótima área de pastagens. Constitui-se principalmente de gramíneas, observando-se a presença de pequenas árvores esparsas. Entre estas, citamos como exemplo o pau-de-leite, a unha-de-gato, a sombra-de-touro etc.

## **6. Mata atlântica**

A Mata Atlântica é também conhecida como Floresta Costeira. Estende-se ao longo de toda a costa brasileira, acompanhando a cadeia de montanhas aí existente. Vai do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul.

O clima é quente e apresenta muitas chuvas em vários lugares. Na floresta é grande a umidade, pois os ventos carregados de vapor d'água vindos do mar, ao subirem se esfriam, precipitando-se em nevoeiro ou chuva.

A Mata Atlântica é uma floresta pluvial tropical semelhante à Floresta Amazônica, embora não seja tão exuberante. A principal diferença entre ambas está na topografia dos terrenos em que se situam.

Assim, a Mata Atlântica, por acompanhar uma cadeia de montanhas, é mais íngreme que a Floresta Amazônica, pois esta situa-se numa planície.

A Mata Atlântica tem como principal característica o aspecto denso de sua vegetação.

As árvores distribuem-se em dois ou mais estratos sendo que o superior pode atingir 30 metros de altura. Observa-se intenso epifitismo. No solo encontram-se plantas herbáceas.

Entre as espécies típicas da região destacamos: pau-brasil, jatobá, canela, caviúna, jacarandá e jequitibá.



Como vemos, existem espécies que produzem madeira de lei e que, por isso, apresentam grande interesse comercial. É em nome desse interesse e pela localização próxima ao mar que a Mata Atlântica tem sofrido grande devastação, desde a época do descobrimento do Brasil. O fato de o pau-brasil ser hoje raramente encontrado nessas matas nos dá a idéia dessa devastação.

## 7. Mata das araucárias

A Mata das Araucárias, também denominada Mata dos Pinhais, localiza-se nos Estados do Paraná e Santa Catarina.

O clima da região é temperado, sendo o verão razoavelmente quente e o inverno bastante frio. Verificam-se precipitações chuvosas regulares.

A topografia do solo é de aspecto ondulado. É um solo que pode ser considerado como razoavelmente fértil. No norte do Paraná chega a ser bastante fértil, por ser constituído por terra roxa.

Na Mata das Araucárias, a espécie dominante é o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). Os pinheiros têm de 25 a 30 metros de altura e apresentam ramificações apenas em suas partes superiores.

As copas das árvores não formam uma camada contínua. Por isso a Mata das Araucárias é uma floresta aberta, mais ventilada e menos úmida. Há menos epifitismo que nas florestas pluviais tropicais.

Além do pinheiro-do-paraná, podemos citar como espécies vegetais de importância: imbuia, erva-mate, samambaia-açu e podocarpo. O podocarpo é utilizado na fabricação de lápis.

## 8. Exercícios

1. (FUVEST) Indique, caracterize e localize, os seis tipos de vegetação mais difundidos no Brasil.
2. (FATEC) Podemos identificar dentro da Flora Amazônica:
  - a) caatingas e várzeas
  - b) igapós e terra firme
  - c) campos, caatingas e várzea
  - d) terra firme e várzea
  - e) igapós, terra firme e várzea
3. (CESCEA) Com relação às plantas da caatinga e do cerrado, pode-se afirmar que:
  - a) No cerrado há redução no consumo de água
  - b) A caatinga apresenta xeromorfismo resultante de deficiência nutricional acentuada
  - c) O cerrado apresenta xeromorfismo resultante de deficiência hídrica
  - d) O xeromorfismo do cerrado, de modo geral, é mais acentuado do que o da caatinga
  - e) O xeromorfismo da caatinga é mais acentuado do que o do cerrado



4. (Fund. Carlos Chagas) Plantas nas quais os estômatos são pouco numerosos por unidade de área e localizam-se na face inferior das folhas estariam mais adaptadas a viver
  - a) em lagoas litorâneas
  - b) na caatinga
  - c) na Floresta Amazônica
  - d) nos manguezais
  - e) na Mata Atlântica
5. (Med. Santos) Em relação ao cerrado brasileiro, é falso afirmar que:
  - a) As árvores apresentam troncos tortuosos e de casca grossa
  - b) Ocorre florescimento de determinadas espécies
  - c) A vegetação herbácea é seca e desaparece
  - d) Existem vegetais que perdem suas folhas
  - e) Seus rios secam completamente nos períodos de estiagem
6. (OSEC) Das regiões fitogeográficas do Brasil, uma delas está situada no Ceará, Pernambuco, Bahia, Sergipe, Rio Grande do Norte e outros Estados, caracterizando-se por possuir árvores pequenas, arbustos e muitos cactos. Na época das secas, a vegetação é bem diferente da época das chuvas, ficando com aspecto de mata espinhosa e agreste, à semelhança de um deserto. Lá cresce bem o juazeiro, a maniçoba, o mandacaru e o xique-xique. Estamos relatando alguns aspectos:
  - a) do cerrado
  - b) do deserto
  - c) da savana
  - d) da caatinga
  - e) da estepe
7. (Esc. Med. Cir./RJ) As caatingas do Nordeste brasileiro caracterizam-se pela predominância de vegetais:
  - a) higrófilos
  - b) dulcícolas
  - c) halófilos
  - d) hidrófilos
  - e) xerófilos
8. (CESCEA) No Brasil, a área ocupada pelo "cerrado" corresponde à seguinte porcentagem aproximada do total:
  - a) 25%
  - b) 50%
  - c) 15%
  - d) 5%
9. (CESCEA) A vegetação característica do "cerrado" e da "caatinga" apresenta adaptação a:
  - a) pobreza de alguns elementos minerais e toxidez de outros no primeiro caso e falta d'água no segundo
  - b) pobreza mineral do solo nos dois casos
  - c) pobreza mineral do solo no primeiro caso e falta d'água no segundo
  - d) falta d'água nos dois casos
  - e) não sei
10. (Med. Santos) A floresta que recobre as encostas da Serra do Mar pode ser considerada:
  - a) constituída por vegetação angustifoliada
  - b) local onde a atividade dos decompositores é muito grande
  - c) constituída por numerosas plantas decíduas
  - d) constituída por árvores cujas copas estão afastadas entre si
  - e) constituída por árvores desprovidas de epífitas



# BIBLIOGRAFIA

1. AUTORES VÁRIOS — *Fisiologia vegetal* 1 e 2, São Paulo, EPU/EDUSP, 1979, v. 1 e 2.
2. BAKER, Jeffrey J. W. e ALLEN, Garland E., *Estudo de biologia*, São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1975, 2 v.
3. BEIGUELMAN, B. *Citogenética humana*, São Paulo, EDART, 1967.
4. BEIGUELMAN, B. *Dinâmica dos genes nas populações e nas famílias*, São Paulo, EDART, 1968.
5. BERKALOFF, André e outros, *Biologia e fisiologia celular*, São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1975.
6. BIOLOGICAL SCIENCES CURRICULUM STUDY, *Biologia: das moléculas ao homem*. Partes 1 e 2, IBECC-UNESCO, Secção de São Paulo, Centro de Publicações Técnicas da Aliança, Rio de Janeiro, 1965.  
*Biologia — Versão Verde — v. I e III*, São Paulo, EDART, 1972.
7. BLEASDALE, John K. Anthony, *Fisiologia vegetal*, São Paulo, EPU/EDUSP, 1977.
8. BOLD, Harold Charles, *O reino vegetal*, São Paulo, Ed. Edgard Blücher/EDUSP, 1972.
9. BUSELMAIER, Werner, *Biologia médica*, São Paulo, EPU/EDUSP, 1978.
10. CHARBONNEAU, J.P. et alii, *Enciclopédia de ecologia*, São Paulo, EPU/EDUSP, 1979.
11. COCKRUM, E. Lendell e McCAULEY, William J., *Zoologia*, D.F. México, Editora Interamericana, 1967.
12. COUTINHO, Leopoldo M., *Botânica*, Cultrix, São Paulo, 1976.
13. CURTIS, Helena, *Biologia*, Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1977.
14. DAJOZ, Roger, *Ecologia geral*, Petrópolis, Ed. Vozes, 1978.
15. DE ROBERTIS, E.D.P. e NOWINSKI, W.W. e SAEZ, F.A., *Citologia general* "El Ateneo" Ed. Buenos Aires, 1974.
16. DEULOFEU, V. e MARENZI, A.D., *Curso de química biológica*, "El Ateneo" Ed. Buenos Aires, 1953.
17. DOBZHANSKY, Theodosius, DUNN, L.C. e SINNOT, Edmund W., *Princípios de genética*, Barcelona, Ed. Omega, 1961.



18. DURAND, Michel e FAVARD, Pierre, *A célula*, São Paulo, Ed. Edgard Blücher/EDUSP, 1972.
19. EBERT, James D., *Mecanismos no desenvolvimento*, Pioneira Ed./EDUSP, São Paulo, 1965.
20. EPSTEIN, Emanuel, *Nutrição mineral das plantas*, São Paulo, EDUSP, 1975.
21. ESAU, Katherine, *Anatomia das plantas com sementes*. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1974.
22. FERRI, Mário Guimarães, *Botânica, morfologia interna das plantas (anatomia)*, Ed. Melhoramentos/EDUSP, São Paulo, 1970.
23. FERRI, M.G., *Botânica, morfologia externa das plantas (organografia)*, Ed. Melhoramentos, São Paulo, 1969.
24. FERRI, M.G., *Ecologia: temas e problemas brasileiros*, Belo Horizonte, Itatiaia/EDUSP, 1974.
25. FROTA-PESSOA, Oswaldo, *Biologia na escola secundária*, São Paulo, MEC, 1962, 2.<sup>a</sup> edição.
26. FROTA-PESSOA, Oswaldo e BEÇAK, W., *Introdução à genética médica*, São Paulo, Fundo Editorial Procién, 1968.
27. GALSTON, Arthur William, *A planta verde*, Ed. Edgard Blücher/EDUSP, São Paulo, 1974.
28. GALSTON, Arthur W. e DAVIES, Peter J., *Mecanismos de controle no desenvolvimento vegetal*, São Paulo, Ed. Edgard Blücher/EDUSP, 1972.
29. HOUILLON, Charles, *Embriologia*, Ed. Edgard Blücher/EDUSP, 1972.
30. IHERING, R. Von, *Da vida dos nossos animais*, Rotermond, São Leopoldo, 1963.
31. JOLY, Aylthon Brandão, *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*, Ed. Nacional, São Paulo, 1966.
32. LANGMAN, Jan, *Embriologia médica*, Atheneu, São Paulo, 1968.
33. McELROY, William D., *Fisiologia e bioquímica da célula*, São Paulo, Ed. Edgard Blücher/EDUSP, 1972.
34. MENDES, J.C., *Introdução à paleontologia*, São Paulo, Ed. Nacional, 1965, 2.<sup>a</sup> edição.
35. ODUM, Eugene, *Ecologia*, São Paulo, Pioneira/EDUSP, 1969.
36. PAVAN, Crodowaldo e CUNHA, A. Brito da, *Genética*, São Paulo, EDUSP/Ed. Nacional, 1963.
37. PHILLIPSON, J., *Ecologia energética*, São Paulo, EDUSP/Ed. Nacional, 1977.
38. RAWITSCHER, Félix, *Elementos básicos da botânica*, Ed. Nacional, São Paulo, 1968.
39. RAY, Peter Martin, *A planta viva*, Pioneira, São Paulo, 1971.



40. RODRIGUES, Sérgio de Almeida, *Zoologia*, Ed. Cultrix, São Paulo.
41. RUSSEL-HUNTER, William Devigne, *Uma biologia dos invertebrados inferiores*, Polígono/EDUSP, São Paulo, 1969.  
*Biologia dos invertebrados superiores*, Polígono/EDUSP, São Paulo, 1971.
42. SCHMIDT-NIELSEN, Knut, *Fisiologia animal*, EDUSP, São Paulo, 1972.
43. SCIENTIFIC AMERICAN, *Maravilhas do reino animal*, IBRASA, São Paulo, 1963.
44. STEVENSON, Greta B., *Biologia dos fungos, bactérias e vírus*, Polígono/EDUSP, São Paulo, 1974.
45. STORER, Tracy I, e USINGER, Robert L., *Zoologia general*, Omega, Barcelona, 1961.
46. STRASBURGER, Eduard e outros, *Tratado de botânica*, Manuel Marin Ed., Barcelona, 1960.
47. STREET, Herbert E. e OPIK, Helgi, *Fisiologia das angiospermas: crescimento e desenvolvimento*, Polígono/EDUSP, São Paulo, 1974.
48. SWANSON, Carl P., *A célula*, Ed. Edgard Blücher/EDUSP, São Paulo, 1972.
49. VAN OVERBEEK, Johannes, *Como vivem as plantas*, Pioneira/EDUSP, São Paulo, 1970.
50. WELLS, H.G. e HUXLEY, Julian, *A ciência da vida — As formas de vida*, José Olympio Ed., São Paulo, 1957.





ATUAL  
EDITORIA

